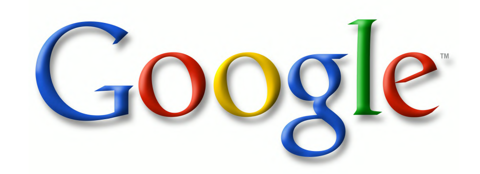


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

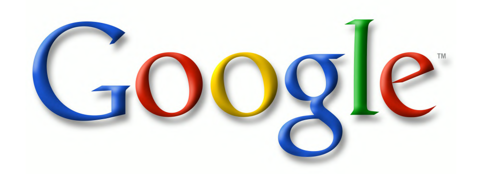
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



Transferred to the
GENERAL LIBRARY.



Die Einrichtung

elektrischer Beleuchtungsanlagen

für

Gleichstrombetrieb.

Von

Dr. Carl Heim,

Professor an der königlichen technischen Hochschule zu Hannover.

Vierte, umgearbeitete Auflage.

Mit 605 Abbildungen.



Leipzig

Verlag von Oskar Leiner

1903.

Das Recht der Übersetzung vorbehalten.

Aus dem Vorworte zur ersten Auflage.

Die Verwendung gleichgerichteter Ströme zur elektrischen Beleuchtung hat sich seit etwa zehn Jahren stetig, eine Zeit lang sogar fast allein entwickelt und in neuerer Zeit eine immer ausgedehntere Verbreitung gefunden.

Infolge davon ist in vielen Kreisen der Wunsch vorhanden nach einer möglichst allgemein verständlichen Darstellung alles dessen, was zum Verständnis der Einrichtung und des Betriebes elektrischer Beleuchtungsanlagen für Gleichstrombetrieb erforderlich ist. Von der fortwährend sich mehrenden Zahl der Installateure derartiger Anlagen kennen viele das Gebiet ihrer Beschäftigung ausschliesslich von der praktischen Seite und dürften den Wunsch haben, sich eingehendere Kenntnisse zu verschaffen, um ihren Gegenstand (in den weitaus meisten Fällen noch allein der Gleichstrombetrieb) wirklich zu beherrschen. Mancher strebsame Monteur möchte sich ein besseres Verständnis der Dinge, mit denen er täglich zu tun hat, erwerben. Architekten, Bau- und Maschinen-Ingenieure kommen immer häufiger in die Lage, auf dem Gebiete der Anwendung elektrischer Starkströme bewandert sein zu müssen. In den Kreisen der Besitzer oder Besteller derartiger Anlagen wünscht man gleichfalls oft genug, sich über die elektrische Beleuchtung zu orientieren. Ebenso ist die Zahl derer, die dem Gegenstande lediglich ein allgemeines Interesse entgegenbringen, heutzutage nicht gering. Endlich kommen hinzu die Studierenden der Elektrotechnik, sowie anderer technischer Zweige.

Eine allgemeine und eingehende Bearbeitung des vorliegenden Stoffes als ein abgeschlossenes Ganzes fehlte bislang. Es ist das Bestreben des Verfassers gewesen, in der Hauptsache ein Bild der Gleichstromanlagen in ihrer derzeitigen Gestalt zu geben, alles bereits Veraltete möglichst auszuschliessen. Dabei sind die verschiedenen Hauptbestandteile als gegeben angenommen. Es ist demgemäss bei jedem dieser Teile von allgemeinen Darlegungen nur soviel gebracht, als zum Verständnis der Wirkungsweise erforderlich

300011

ist, ferner über den Zweck des Teiles und die an denselben zu stellenden Anforderungen das Wesentliche hervorgehoben. (Die zum Antreiben der Dynamomaschinen bestimmten Betriebsmaschinen sind nur insoweit behandelt, als die Verwendbarkeit der verschiedenen Arten derselben und ihre Verbindung mit den Dynamomaschinen in Frage kommt). Wer jedoch z. B. über Dynamomaschinen, Leitungsberechnung usw. eingehende Belehrung sucht, insbesondere was Theorie oder Konstruktionsbedingungen anbelangt, muss zu Spezialwerken greifen. Auf die Erläuterungen der genannten Art folgt jedesmal eine Anzahl Beschreibungen von Konstruktionen des betreffenden Gegenstandes, vorwiegend solcher aus deutschen Fabriken, an der Hand von Abbildungen. Eine Anzahl Tabellen, die den Prospekten der Firmen entnommen wurden, sind mit aufgenommen, um eine Übersicht zu geben, was und in welchem Umfange zur Zeit fabriziert wird.

Es wird alsdann das Zusammenwirken der verschiedenen Teile im eigentlichen Betriebe, sowie die Störungen des letzteren besprochen. Der Schlussabschnitt behandelt die Projektierung von Anlagen auf Grund des vorangestellten Materiales, bringt ausführliche Angaben über die derzeitigen Preise aller Einzelteile, sowie, unter Benutzung der letzteren, eine Reihe von Kostenberechnungen für verschiedene häufiger vorkommende Fälle. Es erschien unerlässlich, dem Ganzen soviel über die Gesetze der Elektricitätslehre, die Beziehungen zwischen den verschiedenen Formen der Arbeit usw. in einer kurzen Einleitung voranzustellen, als zum Verständnis des Betriebes der Gleichstromanlagen mindestens erforderlich ist.

Es sei noch bemerkt, dass es durchweg das Bestreben des Verfassers gewesen ist, die Verhältnisse für die elektrische Beleuchtung nicht in zu günstigem Lichte darzustellen, wie es bei einer noch so neuen Sache gar zu häufig geschieht. Dies bezieht sich ganz besonders auf die ziffernmässigen Angaben und Kostenberechnungen.

Hannover, im Oktober 1891.

Der Verfasser.

Vorwort zur vierten Auflage.

Bei Bearbeitung dieser Auflage ist der Verfasser wie bei den früheren bestrebt gewesen, den Inhalt des Buches mit dem neuesten Stande der Elektrotechnik in Einklang zu bringen, ohne den Umfang wesentlich zu vermehren. Zugleich wurden die in den Besprechungen der vorigen Auflage in besseren Zeitschriften gemachten Ausstellungen und Verbesserungsvorschläge soweit berücksichtigt, als Zweck und Eigenart des Werkes es zuliessen.

Die beiden letzten Jahre haben lebhafte und erfreuliche Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung gebracht. Es seien nur die Flammenbogenlampen, die neuen Formen der Nernstlampe, die Osmiumlampe, die kleine Dauerbrandlampe genannt. Ich habe mich bemüht, alle mir bekannt gewordenen Neuerungen bis in die letzte Zeit noch aufzunehmen. Dies konnte zum Teil noch in Form von Nachträgen am Schlusse des Buches geschehen, auf die hiermit ausdrücklich hingewiesen sei.

Ferner hat im Laufe der Bearbeitung dieser Auflage der Bau der Gleichstrom-Dynamomaschinen wesentliche Veränderungen erfahren. Obwohl bereits die älteren Typen beschrieben waren, gelang es doch, an deren Stelle die neuen Modelle noch aufzunehmen. Dabei ergab sich allerdings, dass diese untereinander nachgerade so ähnlich geworden sind, dass man sich bei der nächsten Ausgabe wohl auf die Beschreibung einiger weniger Typen wird beschränken und dafür den allgemeinen Teil des Abschnittes in wünschenswerter Weise erweitern können. Diesmal hat die fortschreitende Drucklegung dazu nicht mehr Zeit gelassen. Ebenso ist fast ganz umgearbeitet das Kapitel über Akkumulatoren, wie auch in dem den Messinstrumenten gewidmeten Abschnitte die wichtigeren neuen Konstruktionen Platz gefunden haben.

Der die Installation behandelnde Teil ist völlig auf die Grundlage der dankenswerten Arbeiten des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« gestellt. Die Beispiele über Kosten- und Rentabilitätsberechnung von Anlagen sind zeitgemäss umgestaltet und zugleich erweitert. Was

von Neuheiten beschrieben wurde, hat der Verfasser selbst unter Händen gehabt, ein Grundsatz, der auch bei allen früheren Auflagen befolgt worden ist.

Um solchen Lesern, die sich über einzelne Gegenstände eingehender zu unterrichten wünschen, geeignete Quellen nachzuweisen, wurde die Zahl der Literaturangaben erheblich vermehrt.

Der Stoff schwillt mit jeder neuen Auflage mehr an und die Arbeit, vom Neuen das Wichtigste auszuwählen und vom Älteren soviel zu entfernen, dass der Umfang nicht über Gebühr wächst, wird immer schwieriger. Das Bestreben des Verfassers geht aber nach wie vor dahin, den ursprünglichen Charakter des Buches: allgemeine Verständlichkeit auf streng wissenschaftlich-technischer Grundlage, bei möglichster Berücksichtigung der neuesten Fortschritte der Technik, zu wahren.

Hannover, den 1. Juli 1903.

C. Heim.

Inhaltsverzeichnis.

II. Abschnitt.

Seite

Aufspeicherung der Arbeit. (Die Akkumulatoren für Elektricität) 108—189

III. Abschnitt.

Die elektrischen Lampen 190—275

IV. Abschnitt.

Leitung und Verteilung des Stromes . . 276—362



Einleitung.

Grundbegriffe. Das Ohm'sche Gesetz. Beziehungen zwischen elektrischer und mechanischer Arbeit. Schaltungsarten.

1. Jede im Betriebe befindliche elektrische Beleuchtungsanlage stellt einen in sich geschlossenen Stromkreis dar. Sie enthält als solcher eine Stromquelle und eine aus einem oder mehreren Leitern der Elektricität gebildete Verbindung von einem Pole des Stromerzeugers zum anderen. Wir finden die gleichen Teile bei telegraphischen Anlagen, bei den elektrischen Hausklingeln, den Bädern für Elektrolyse und anderen Anwendungen der Elektricität. Die Stromquelle ist der Sitz einer elektromotorischen Kraft, die sich in dem Auftreten einer elektrischen Spannungsdifferenz zwischen ihren Polen äussert. In dem Augenblicke, in welchem die genannte leitende Verbindung zwischen den Polen hergestellt wird, gleicht sich die elektrische Spannungsdifferenz durch dieselbe aus, die elektromotorische Kraft setzt Elektrizität durch die Leitung hindurch in Bewegung, es kommt ein elektrischer Strom zu stande. Für die zum Ausgleich gekommene Elektricität wird jedoch sofort wieder neue erzeugt, da die elektromotorische Kraft der gebräuchlichen Stromquellen (galvanische Elemente, Dynamomaschinen) dauernd fortbesteht. Es findet also ein gleichmässiges Fliessen des Stromes durch die Teile des Stromkreises statt.

Wieviel Elektricität in jedem kleinen Zeitabschnitte in Bewegung ist, hängt von der Grösse der elektromotorischen Kraft und weiter von dem Widerstande ab, den die Teile des Stromkreises dem Strome bieten. Man pflegt den Vorgang der Elektricitätsbewegung in einem geschlossenen Kreise durch den Vergleich mit dem Fliessen des Wassers in einer Rohrleitung oder auch in einem Bache zu veranschaulichen. Die Bezeichnungen »elektrischer Strom«, »Stromquelle«, »Fliessen der Elektricität« u. a. sind ja schon daher entnommen. Dem Drucke in einer Wasserleitung, herrührend von dem Höhenunterschiede zwischen der Verbrauchsstelle des Wassers und dem höher liegenden Vorratsbehälter, entspricht die elektro-

motorische Kraft bezw. Spannung des Stromes, welche das Fliessen desselben verursacht. Der elektrische Leitungswiderstand ist dem Reibungswiderstande vergleichbar, den das strömende Wasser an den Röhrenwänden erleidet, wenn auch im letzteren Falle die Beziehung zwischen Widerstand und Leitungsquerschnitt keine so einfache ist wie beim elektrischen Strome. Die beiden genannten Grössen: Spannungsdifferenz (Druck, Gefälle) und Widerstand bedingen die Stromstärke, d. h. die Elektricitätsmenge (Wassermenge), die in 1 Sekunde durch jeden Teil der Leitung fliesst. So lange die elektrische Spannungsdifferenz an den Polen des Elektricitätserzeugers (bezw. der Wasserspiegel im Reservoir und mit ihm der Druck in der Röhrenleitung) constant bleibt, ist auch die Stromstärke dieselbe. Sie nimmt zu, wenn die Spannung (der Druck) wächst, oder wenn der Widerstand abnimmt. Sie sinkt mit abnehmender Spannung und wachsendem Widerstande.

Der mathematische Ausdruck der Beziehung zwischen den genannten drei elektrischen Grössen lautet

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Elektromotorische Kraft}}{\text{Gesamtwiderstand}}$$

und heisst nach seinem Entdecker das **Ohm'sche Gesetz.** Dieses ist die Grundlage der gesamten Elektrotechnik. Es gilt in seiner vorstehenden Fassung für einen geschlossenen, die Stromquelle enthaltenden Stromkreis. Hat man es jedoch nur mit einem Teile der äusseren Stromleitung eines solchen, z. B. mit einem Leitungsdrahte, einer Glühlampe oder dergl. zu tun, so lautet es

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}},$$

wo unter »Spannung« die Spannungsdifferenz an den Enden des bezüglichen Leiters und unter »Widerstand« der Widerstand desselben allein zu verstehen ist.

2. Masseinheiten für Widerstand, elektromotorische Kraft und Stromstärke. Für die drei elektrischen Grundgrössen: elektromotorische Kraft (Spannung), Widerstand und Stromstärke sind Masseinheiten festgesetzt worden, die aus den Beziehungen der ersteren zu den Grundeinheiten der Länge, Masse und Zeit abgeleitet sind. Man hat sie mit den Namen berühmter Physiker belegt, die sich um die Entdeckung und Erkenntnis der elektrischen Erscheinungen besonders verdient gemacht haben. Einheit des Widerstandes ist das **Ohm.** Es ist gleich dem Widerstande einer Quecksilbersäule von 106,3 *cm* Länge und 1 *qmm* Querschnitt bei 0°.

Die Einheit der Stromstärke, das **Ampère,** ist gleich demjenigen Strome, welcher, durch eine Lösung von salpetersaurem

Silber geleitet, daraus in jeder Sekunde 0,001 118 Gramm metallisches Silber abscheidet.

Aus diesen beiden Einheiten ergiebt sich die Einheit der elektromotorischen Kraft (Spannung), die man **Volt** genannt hat (nach Volta), vermöge des Ohm'schen Gesetzes. Das heisst: die Spannungsdifferenz an den Enden eines Leiters von 1 Ohm Widerstand, in welchem ein gleichmässiger Strom von 1 Ampère fliesst, beträgt 1 Volt. Das Volt ist um etwa $^1/_{10}$ kleiner als die elektromotorische Kraft des bekannten Daniell'schen Elementes.

Man ist durch die genannten Beziehungen in stand gesetzt, z. B. sofort die Stromstärke angeben zu können, welche durch eine bekannte Spannung in einem bestimmten Widerstande erzeugt wird, ebenso auch die elektromotorische Kraft zu ermitteln, welche vorhanden sein muss, damit ein gegebener Widerstand von dem gewünschten Strome durchflossen werde, sowie endlich den Widerstand zu finden, der einzuschalten ist, damit die vorhandene elektromotorische Kraft eine bestimmte Stromstärke erzeuge.

3. Der elektrische Strom ist eine Form der Arbeit. Wie er mit Hülfe verschiedener Arbeitsformen erzeugt werden kann (z. B. durch Aufwendung mechanischer Arbeit bei den Dynamomaschinen, aus chemischer Arbeit bei galvanischen Elementen, mit Hülfe der Wärme bei Thermosäulen), so lässt er sich auch wiederum in andere Arten der Arbeit umwandeln. In einem Leiter irgend welcher Art, der vom Strome durchflossen wird, leistet dieser Strom Arbeit. In metallischen Leitern setzt er sich in Wärmearbeit, in den elektrischen Lampen in Wärme und Licht um; beim Laden von Accumulatoren oder in einem galvanischen Bade zersetzt er chemische Verbindungen, tritt also in der Form chemischer Arbeit auf; in einem Elektromotor leistet er mechanische Arbeit.

In allen diesen Fällen bestehen gesetzmässige Beziehungen zwischen der in einer bestimmten Zeit erzeugten Wärme, chemischen oder mechanischen Arbeit einerseits und der sie hervorbringenden elektrischen Arbeit andererseits. Die in 1 Sekunde geleistete elektrische Arbeit (die Leistung des Stromes) wird (in jedem Falle) gefunden, wenn man die in dem betreffenden Leiter herrschende Stromstärke mit der Spannungsdifferenz an den Enden des Leiters multipliziert.

Elektrische Arbeit pro Sek. = Spannung mal Stromstärke.

In einem die Stromquelle enthaltenden Stromkreise wird demgemäss die gesamte vom Strome in 1 Sekunde geleistete elektrische Arbeit gefunden, wenn man die elektromotorische Kraft der Stromquelle mit der Stromstärke multipliziert. Da nun die letztere in Ampère (abgekürzt A), die elektromotorische Kraft (abgekürzt

EMK) bezw. Spannung in Volt (abgekürzt V) gemessen wird, so erhält man die elektrische Arbeit in Volt mal Ampère. Man hat deswegen diejenige Menge elektrischer Arbeit als Einheit angenommen und als 1 Voltampère (abgekürzt 1 VA) oder 1 **Watt** bezeichnet, welche von einem gleichmässig fliessenden Strome geleistet wird, dessen Spannung 1 V und dessen Stärke 1 A beträgt. Verbraucht also z. B. eine Anzahl Glühlampen einen Strom von 110 V Spannung und 30 A Stromstärke, so leistet dieser Strom 3300 Watt. Der Vergleich mit der durch fliessendes Wasser erhaltenen mechanischen Arbeitsleistung liegt nahe. Man findet diese bei einem Wasserfalle, wenn man die Höhe des Gefälles mit der Wasserstromstärke, d. h. der in einer Sekunde herabfallenden Wassermenge, multipliziert. Wird die erstere in Meter, die letztere in Kilogramm gemessen, so erhält man die Arbeitsleistung in Meterkilogramm pro Sekunde.

4. Beziehung zwischen elektrischer und mechanischer Arbeit. Durchfliesst der Strom einen Leiter, in welchem er in Wärme umgesetzt wird, so wird für jedes Watt der elektrischen Arbeit pro Sekunde eine Wärmemenge von 0,00024 Kalorien[1]) erzeugt. Da nun 1 Kalorie einer mechanischen Arbeit von etwa 424 Meterkilogramm gleichwertig ist und ferner eine in 1 Sekunde geleistete mechanische Arbeit von 75 Meterkilogramm als 1 Pferdestärke (PS) bezeichnet wird, so ergibt sich, dass einer mechanischen Arbeitsleistung von 1 Pferdestärke eine elektrische Leistung von etwa 736 Watt entspricht. Man könnte also durch Aufwendung von 1 PS theoretisch, d. h. wenn bei der Umwandlung gar kein Verlust stattfände, eine elektrische Leistung von höchstens 736 Watt erzeugen, oder umgekehrt bei Aufwendung von 736 Watt in einem elektrischen Motor niemals über 1 PS erhalten.

5. Innerer und äusserer Widerstand. Elektrisches Güteverhältnis. Der Gesamtwiderstand eines (einfachen) geschlossenen Stromkreises, welchem nach dem Ohm'schen Gesetze die Stromstärke umgekehrt proportional ist, setzt sich aus zwei wesentlich auseinander zu haltenden Teilen zusammen: aus dem Widerstande der Stromquelle und demjenigen des Leiters, oder der Leitungsteile, welche die beiden Pole der Stromquelle verbinden. Man nennt ersteren den **inneren**, letzteren den **äusseren Widerstand.** Die elektrische Arbeit, welche vom Strome geleistet wird, verteilt sich auf alle Teile des Stromkreises. Wie oben erwähnt, ist dieselbe gleich dem Produkte aus der EMK E in die Stromstärke I. Da aber, wie das Ohm'sche Gesetz besagt,

$$E = I W$$

[1]) 1 Kalorie ist die Wärmemenge, welche 1 *kg* Wasser um 1° erwärmt.

wo W der Gesamtwiderstand des Stromkreises, so erhält man durch Einsetzen dieses Wertes von E

$$\text{Elektrische Arbeit} = I^2 W.$$

Die elektrische Arbeitsleistung ist gleich dem Quadrat der Stromstärke mal dem Widerstande. Dies gilt sowohl für den ganzen Stromkreis, wie für jeden einzelnen Teil desselben. Da nun die Stromstärke an jeder Stelle des Stromkreises dieselbe ist, so ist die in einem einzelnen Teile des Kreises geleistete Arbeit dem Widerstande des betreffenden Teiles proportional. Unterscheidet man zunächst nur allgemein: inneren Widerstand w_i und äusseren w_a, so ist

$$W = w_i + w_a \text{ und}$$

$$\text{Elektrische Arbeitsleistung} = I^2 (w_i + w_a) = I^2 w_i + I^2 w_a.$$

Das Glied $I^2 w_i$ ist die in der Stromquelle selbst verbrauchte elektrische Arbeit, die sogenannte innere Arbeit. Diese bedeutet einen Arbeitsverlust, da sie auf keine Weise nutzbar gemacht werden kann. Nur das zweite Glied $I^2 w_a$, die »äussere elektrische Arbeit«, stellt den wirklich nutzbaren Teil der Gesamtarbeit dar. Die Stromquelle arbeitet um so vorteilhafter, je grösser dieser letztere Bruchteil gegen die innere Arbeit ist, oder, da die Stromstärke innen und aussen dieselbe, ein je grösserer Anteil vom Gesamtwiderstande auf den äusseren (nutzbaren) Widerstand kommt. Man nennt das Verhältnis

$$\frac{\text{Äussere Arbeit}}{\text{Gesammtarbeit}} \text{ oder } \frac{w_a}{w_i + w_a}$$

das elektrische Güteverhältnis oder auch den elektrischen Wirkungsgrad des Stromerzeugers. Man sucht dasselbe, da der äussere Widerstand meist einen bestimmten, gegebenen Wert hat, dadurch möglichst günstig zu gestalten, dass man den inneren Widerstand so klein als möglich macht.

6. Die Klemmenspannung. Da die in irgend einem Teile des Stromkreises geleistete elektrische Arbeit dargestellt wird durch das Produkt aus der Stromstärke in die Spannung, welche an den Enden des betreffenden Leitungsteiles vorhanden ist, so ist die ganze äussere elektrische Arbeit = Stromstärke mal der zwischen Anfang und Ende des äusseren Stromkreises, d. h. an den Polklemmen der Stromquelle während des Stromdurchganges wirksamen Spannung K. Die letztere muss kleiner sein als die EMK E des Stromerzeugers und zwar um den Betrag: Stromstärke mal innerer Widerstand. Man nennt K die Polspannung oder **Klemmenspannung** der Stromquelle, und es ist also

$$K = I w_a = E - I w_i.$$

Ist die Klemmenspannung bekannt, so findet man aus ihr ohne

weiteres die Stromstärke für einen gegebenen äusseren Widerstand, oder auch umgekehrt den äusseren Widerstand, welchen man einzuschalten hat, um eine bestimmte Stromstärke zu erhalten. Ferner ist die äussere elektrische Arbeit $= K\,I$ und folglich das elektrische Güteverhältnis auch gleich

$$\frac{K\,I}{E\,I} = \frac{K}{E} = \frac{\text{Klemmenspannung}}{\text{Elektromotor. Kraft}}.$$

Es sei noch hervorgehoben, dass die vorstehenden Ausführungen für jede Art von Stromerzeugern gelten, für Primärbatterien und Accumulatoren ebenso wie für Dynamomaschinen.

7. Der Spannungsverlust. Berechnung eines Widerstandes. Wie bereits erwähnt, ist nur die im äusseren Stromkreise verbrauchte elektrische Arbeit nutzbare Arbeit. Da sie dem äusseren Widerstande proportional ist, so kann der letztere als nutzbarer Widerstand, der innere als toter Widerstand bezeichnet werden. Indessen ist in den meisten Fällen nicht der ganze Betrag des äusseren Widerstandes wirklich nutzbar. Gewöhnlich fällt die Stelle, an welcher der Strom nutzbar verbraucht wird, nicht mit dem Orte der Stromerzeugung zusammen, und es muss die Elektricität der ersteren durch eine Leitung von dem letzteren aus zugeführt werden.

Nehmen wir an, dass die Hin- und Rückleitung je aus einem Drahte bestehe, so besteht auch zwischen den Enden jedes dieser Drähte eine Spannungsdifferenz = Widerstand des Drahtes mal Stromstärke. Die an den Enden der beiden Leitungen am Verbrauchsorte verfügbare Spannung ist infolgedessen kleiner als die Klemmenspannung, und zwar um den Gesamtbetrag der in den beiden Leitungsdrähten verbrauchten Spannungen, welcher gegeben ist durch das Produkt: Widerstand der Hin- und Rückleitung mal Stromstärke. Man nennt diesen Betrag den **Spannungsverlust** in der Leitung. Ein solcher Spannungsverlust findet immer statt, wenn Erzeugungs- und Verbrauchsort des Stromes nicht zusammenfallen, und ist nur dann zu vernachlässigen, wenn der Widerstand der Leitung gegen die übrigen Widerstände im Stromkreise verschwindend klein ist.

Um den Spannungsverlust, der in einer Leitung bei einem bestimmten Strome statthat, zu berechnen, muss zunächst der Widerstand der Leitung ermittelt werden. Der Widerstand w eines stabförmigen Leiters ist proportional der Länge l, umgekehrt proportional dem Querschnitt q und abhängig vom Materiale der Leitung, was durch eine Constante s, mit welcher der Quotient Länge durch Querschnitt multipliziert wird, seinen Ausdruck findet:

$$w = s\,\frac{l}{q}.$$

Man nennt s den spezifischen Widerstand des Materiales, aus welchem der Leiter besteht. Derselbe ist, bei 15° C., für gutes käufliches Kupfer etwa 0,0175, für Eisen etwa 0,12, für Nickelin (eine Neusilberkomposition) etwa 0,45. Bei Widerstandsberechnungen nach obiger Formel ist die Länge in Metern, der Querschnitt in Quadratmillimetern einzusetzen.

Beispiel. Die Verbrauchsstelle des Stromes sei 120 *m* von der Stromquelle entfernt, der kupferne Leitungsdraht 6 *mm* stark. Also ist die gesamte Drahtlänge 240 *m*, der Querschnitt 28,26 *qmm*, folglich:

$$w = 0{,}0175 \frac{240}{28{,}26} = 0{,}149 \text{ Ohm}.$$

Bei einer Stromstärke von 50 Ampère beträgt der Spannungsverlust in dieser Leitung $50 \times 0{,}149 = 7{,}45$ Volt. Ist die Stromquelle eine Dynamomaschine von 110 V Klemmenspannung, so sind am Verbrauchsorte für den nutzbaren Teil des äusseren Stromkreises (z. B. die Lampen) nur noch 102,55 V zur Verfügung. Sinkt die Stromstärke (z. B. durch Ausschalten von Lampen) auf 30 A, während die Klemmenspannung constant bleibt, so ist der Spannungsverlust in der Leitung nur noch etwa 4,5 V, sodass an den Enden derselben die Spannung auf 105,5 V steigt. Soll jedoch, wie es gewöhnlich gefordert wird, an der Verbrauchsstelle stets die gleiche Spannung herrschen, so muss, wenn die Stromstärke steigt, die Klemmenspannung erhöht, wenn der Stromverbrauch abnimmt, vermindert werden. Diese Schwankungen werden offenbar um so kleiner, je geringer der Widerstand der Leitung ist.

8. Schaltungsarten. In vielen Fällen der technischen Verwendung des elektrischen Stromes ist der die Pole der Stromquelle verbindende äussere Stromkreis aus verschiedenen Einzelteilen zusammengesetzt, z. B. bei der elektrischen Beleuchtung aus einer Anzahl Lampen nebst den nötigen Zuleitungen. Die Art und Weise, wie diese Leitungsteile miteinander verbunden sind (oder, was dasselbe besagt, die Reihenfolge, in welcher der Strom sie durchläuft), kann verschieden sein. Um bei dem Beispiele einer elektrischen Beleuchtungsanlage zu bleiben, so können die von der Dynamomaschine D gespeisten einzelnen Lampen $L\,L\,L$ (Fig. 1) so verbunden sein, dass der Strom eine nach der anderen durchfliesst. Diese Art der Verbindung wird Reihenschaltung, Serienschaltung oder Hintereinanderschaltung genannt. Der Widerstand des äusseren Stromkreises ist in diesem Falle die Summe der Wider-

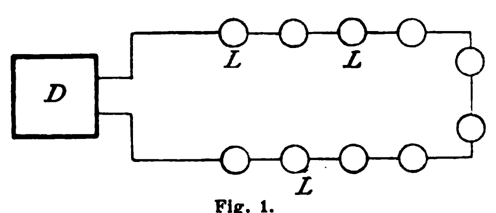


Fig. 1.

stände sämtlicher Lampen (nebst Zuleitungen). Die Spannung des von der Stromquelle zu liefernden Stromes muss gleich der Summe der Spannungsbeträge, welche die einzelnen Lampen zum normalen Brennen erfordern, sein. Die Stromstärke dagegen ist dieselbe, welche eine einzelne Lampe braucht.

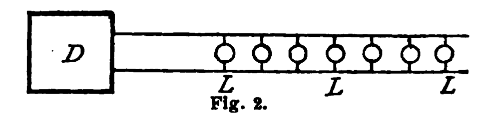


Fig. 2.

Im Gegensatze hierzu durchläuft bei der Parallelschaltung oder Nebeneinanderschaltung der Strom sämtliche Lampen gleichzeitig. Fig. 2 und 3 zeigen diese Art der Schaltung. Bei Fig. 2 sitzen sämtliche Lampen L an einer und derselben Leitung, während in Fig. 3 von der Dynamomaschine mehrere parallel geschaltete Leitungen, jede mit einer Anzahl Lampen in Parallelschaltung, ausgehen. Bei der Parallelschaltung bieten sich dem Strome eine ganze Anzahl von Wegen, welche er alle gleichzeitig durchläuft. Dadurch wird der Widerstand des äusseren Stromkreises kleiner als der einer einzelnen Lampe und zwar, wenn alle Lampen gleichen Widerstand besitzen, soviel mal kleiner, als Lampen vorhanden sind. Sind n Lampen vorhanden und ist r der Widerstand einer Lampe nebst Zuleitung, so ist der Gesamtwiderstand des durch alle Lampen gebildeten Kreises $\frac{r}{n}$. Die Spannung des Stromes braucht in diesem Falle nicht grösser zu sein als die Spannung, welcher eine Lampe bedarf. Dagegen muss die Stromstärke so hoch sein, dass jede Lampe den ihr zugehörigen Strom i erhält. Es addieren sich also sämtliche Einzelströme, sodass, bei n Lampen, der von der Stromquelle zu liefernde Gesamtstrom $n\,i$ ist. Schaltet man die gleiche Anzahl

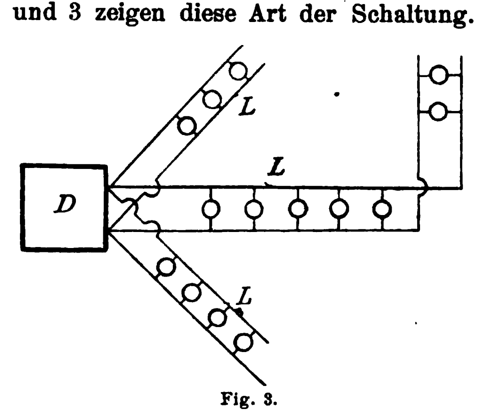


Fig. 3.

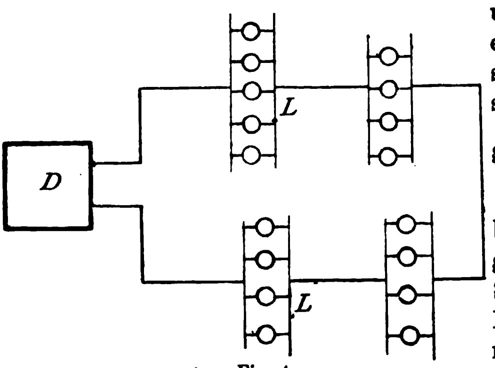


Fig. 4.

Lampen einmal in Reihe, dann hintereinander, so sind zwar die erforderliche Spannung und Stromstärke in beiden Fällen verschieden, das Produkt der beiden, die von der Stromquelle zu leistende elektrische Arbeit, bleibt jedoch dasselbe.

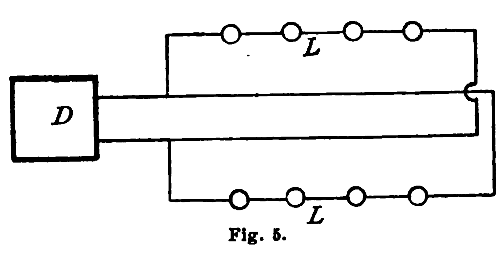


Fig. 5.

Es ist endlich noch eine sogen. **gemischte Schaltung** möglich, bei welcher die beiden vorgenannten Schaltungsarten sich gleichzeitig finden, indem z. B. mehrere Gruppen von parallel geschalteten Lampen in Reihe (Fig. 4) oder mehrere Gruppen hintereinander verbundener Lampen parallel geschaltet sind (Fig. 5). Die Spannung und Stromstärke des von der Stromquelle zu liefernden Stromes ergeben sich in jedem Falle leicht, wenn man stets festhält, dass jede Lampe die ihr zukommende Spannung und Stromstärke erhalten muss und dass bei Reihenschaltung sich die Spannungen, bei Parallelschaltung die Ströme addieren. Wie sich die Teile des Stromkreises, in welchen die elektrische Arbeit nutzbar verbraucht wird, verschiedenartig schalten lassen, so kann dies auch, falls mehrere Stromerzeuger vorhanden

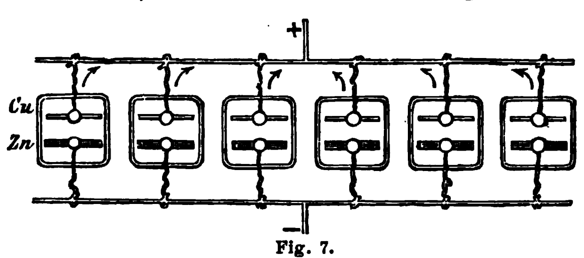


Fig. 7.

sind, mit den letzteren geschehen. Besteht die Stromquelle z. B. aus einer Anzahl von n Primärelementen oder Accumulatoren, und ist e die EMK, w_i der innere Widerstand eines Elementes, so addieren sich, wenn sämtliche in Reihe geschaltet, d. h. der negative Pol jedes Elementes mit dem positiven des folgenden verbunden wird (Fig. 6), die einzelnen elektromotorischen Kräfte, und die EMK der Batterie ist ne. Ebenso addieren sich die inneren Widerstände, sodass der Gesamtwiderstand nw_i wird. Dagegen ist die Stromstärke, welche die Batterie zu liefern vermag, nicht grösser als diejenige, welche man von einem einzelnen Elemente

Fig. 6.

erhalten kann. Schaltet man dagegen alle Elemente parallel, indem man alle gleichnamigen Pole verbindet (Fig. 7), so ist die EMK der Batterie nicht grösser als die eines Elementes, gleich e. Der innere Widerstand ist, wie aus dem Vorangegangenen leicht verständlich, $\frac{w_i}{n}$. Dementsprechend ist die Stromstärke, welche man von der Batterie zu erhalten vermag, n mal grösser als die eines Elementes.

In der gleichen Weise lassen sich Dynamomaschinen hintereinander oder parallel schalten. Im ersteren Falle erhält man höhere Spannung, im letzteren kann man mehr Strom entnehmen.

9. Betrachtet man eine Anlage für elektrische Beleuchtung im grossen und ganzen, sieht also von manchen Besonderheiten, wie der Einzelfall sie mit sich bringt, ab, so finden sich gewisse Hauptteile, die überall wiederkehren. Jede Anlage enthält: eine Vorrichtung zur Erzeugung des Stromes (eine oder mehrere Dynamomaschinen nebst der sie antreibenden Betriebsmaschine), weiter diejenigen Teile, in welchen die elektrische Arbeit in Licht (und Wärme) umgewandelt wird (Bogen- und Glühlampen), und endlich die den Strom nach dem Verbrauchsorte führenden und dort vertheilenden Leitungen. Nicht unbedingt erforderlich, aber häufig vorhanden sind Aufspeicherungs-Einrichtungen, welche, wenn man ihnen elektrische Arbeit zugeführt hat, gestatten, diese (bezw. den grössten Theil derselben) zu einer anderen Zeit zu entnehmen und dann erst nutzbar zu verbrauchen (Akkumulatoren, elektrische Sammler). Es kommen ferner hinzu eine Anzahl von Hülfsapparaten zum Schliessen und Unterbrechen des Stromes, für die Zuführung zu den Lampen und zur Sicherung der Leitungen, sowie Instrumente zum Regulieren und Messen des Stromes, zur Kontrolle der Isolation u. s. w.

Hieraus ergibt sich von selbst die Gliederung des hier zu behandelnden Stoffes in folgende Abschnitte:

I. Erzeugung des Stromes.
II. Aufspeicherung der Arbeit. (Die Akkumulatoren.)
III. Die elektrischen Lampen.
IV. Leitung und Verteilung des Stromes.
V. Hülfsapparate, Messinstrumente, Nebenteile.

Hieran sollen sich dann noch folgende drei Kapitel anreihen:

VI. Der Betrieb, Betriebsstörungen.
VII. Besondere Verhältnisse der an Zentralstationen angeschlossenen Beleuchtungsanlagen.
VIII. Projektierung und Kostenberechnung.

I.

Erzeugung des Stromes.

(Dynamomaschinen, Betriebsmaschinen.)

A. Die Dynamomaschine.

10. Stromerzeugung durch Magnetinduktion. Die Konstruktion der Maschinen zur Stromerzeugung ist darauf gegründet, dass in einem Leiter, z. B. einem Kupferdrahte, den man an einem Magnetpole vorbei bewegt (Fig. 8), während der Dauer der Bewegung eine elektromotorische Kraft erregt (induziert) wird. Zweckmässiger führt man den Leiter durch ein stärkeres »magnetisches Feld«, wie es z. B. zwischen den nahe zusammenliegenden Polen

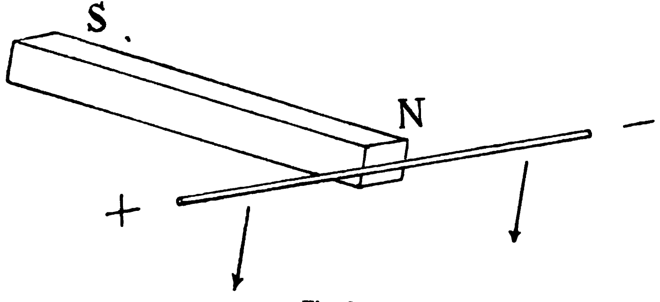


Fig. 8.

eines Magnetes von gekrümmter Form besteht (Fig. 9). Die Wirkung ist in diesem Falle kräftiger, da die Grösse der induzierten EMK unter sonst gleichen Umständen von der Stärke des magnetischen Feldes, sowie ausserdem von der Geschwindigkeit abhängt, mit der der Leiter durch dasselbe bewegt wird.

Verbindet man die Enden des bewegten Leiters durch irgend eine Leitung, sodass ein geschlossener Kreis entsteht, so fliesst in diesem so lange ein Strom, als die Bewegung im magnetischen Felde dauert. Für diese Bewegung ist eine gewisse Menge mechanischer Arbeit aufzuwenden, welche auf diese Art in elektrische Arbeit um-

gewandelt wird. Beide stehen, wie schon unter 4 erwähnt, in Beziehung zu einander, d. h. man erhält für einen bestimmten mechanischen Arbeitsaufwand nur einen bestimmten Betrag elektrischer Energie, der je nach der Vollkommenheit der zur Umwandlung benutzten Vorrichtung grösser oder kleiner sein, die in 4 bezeichnete Grenze jedoch nicht überschreiten kann. Gibt man dem Kupferdrahte eine grosse Länge und wickelt ihn in vielen voneinander isolierten Windungen um einen Kern aus weichem Eisen, so wird beim Bewegen dieses sog. Induktors oder Ankers durch ein magnetisches Feld in jeder Windung die gleiche, im ganzen aber eine um so grössere EMK »induziert«, je grösser die Drahtlänge, d. h. die Zahl der Windungen ist. Setzt man zwei oder mehr derartige Drahtspulen auf eine Achse auf, sodass sie sich beim Drehen der letzteren an Magnetpolen vorbeibewegen können, so bildet das Ganze eine magnetelektrische Maschine. Man kann von dieser Strom erhalten, wenn man Anfang und Ende der miteinander verbundenen Spulendrähte je zu einem isoliert auf die Achse aufgesetzten Metallringe führt und auf den Ringen Metallfedern schleifen lässt, von welchen der Strom nach aussen abgegeben werden kann. Der Strom tritt erst auf, wenn durch Verbindung der Schleiffedern mittels eines Leiters ein geschlossener Kreis hergestellt wird.

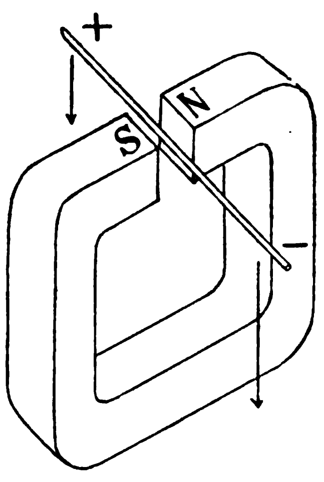


Fig. 9.

11. Der Pacinotti-Gramme'sche Ring. Die so erzeugten Ströme besitzen jedoch keine gleichbleibende Stärke, sondern treten in einzelnen Stössen auf, von denen jeder folgende die entgegengesetzte Richtung hat wie der vorhergehende. Man nennt sie Wechselströme. Zwischen je zwei Stössen ist der Strom einen Augenblick null. Wenn es auch gelingt, durch einen passenden Commutator (Stromwender) alle Stromstösse auf gleiche Richtung zu bringen, so werden die Schwankungen der Stromstärke dadurch nicht beseitigt. Gleichgerichteten Strom von stets gleichbleibender Stärke zu erzeugen, ist erst gelungen, seit man dem Induktor (Anker) die von Pacinotti (1860) zuerst erdachte, durch Gramme später nochmals erfundene und (1871) in die Praxis eingeführte Form gegeben hat. Dieser sog. Pacinotti-Gramme'sche Ring enthält, auf einen aus weichem Eisendrahte oder -bande oder aus dünnen Blechringen

gebildeten ringförmigen Kern isoliert aufgewickelt, eine grössere Zahl von Drahtwindungen, welche sämtlich in Reihe verbunden sind. Fig. 10 zeigt einen derartigen Ring im Schema.

Der Ring befindet sich in einem kräftigen magnetischen Felde, das durch zwei einander diametral gegenüberstehende Magnetpole *N* und *S* (Fig. 10) gebildet wird. Die letzteren erzeugen in den ihnen benachbarten Stellen des Ringes Magnetpole *n* und *s* von entgegengesetzter Polarität. Der Eisenring wird also selbst ein Magnet. Wird er gedreht, so nehmen seine Pole an der Drehung nicht teil, sondern behalten ihre Stellung zunächst den äusseren Magnetpolen bei. Da das Eisen des Ringes jedoch rotiert, so werden die Ringpole durch immer neue Eisentheile gebildet. Die einzelnen Drahtspulen gleiten dabei über die Pole, die ja ihre Stellung im Raume nicht verändern, hinweg. Dadurch werden in den Drahtwindungen Ströme induziert. Die EMK derselben ist am grössten in den Windungen, welche gerade einen Magnetpol passieren; sie ist null in denjenigen, welche gerade auf dem Durchmesser *AB* (Fig. 10) liegen, der senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Pole steht.

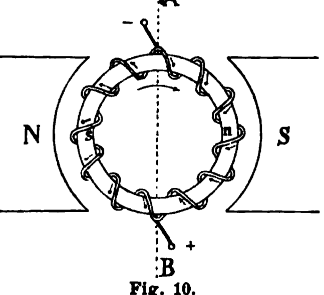


Fig. 10.

Man nennt diesen Durchmesser *AB* die indifferente Linie oder auch die neutrale Zone. In allen Windungen, welche in einem bestimmten Augenblicke dem einen der beiden Pole näher liegen als dem anderen, d. h. sich auf der einen Seite der indifferenten Linie befinden, haben die Induktionsströme gleiche Richtung, bei den im nämlichen Augenblicke auf der anderen Seite befindlichen Windungen die entgegengesetzte Richtung. Wenn eine Drahtwindung sich der indifferenten Zone nähert, so nimmt die in ihr induzierte EMK mehr und mehr ab; sie wird im Augenblicke des Passierens jener Zone null, um nach dem Uebergange durch eine EMK von entgegengesetztem Vorzeichen abgelöst zu werden, die erst schwach auftritt, dann wächst und beim Passieren des folgenden Poles ihr Maximum erreicht.

Ist die Bewickelung des Ringes aus blankem Drahte gebildet, den man auf den mit einer isolieren denHülle versehenen Eisenkern in nahe aneinander liegenden Windungen aufgewunden hat, so kann man Strom aus dem Ringanker erhalten, wenn man auf den beiden in der indifferenten Linie liegenden Stellen der Wickelung Federn schleifen lässt (Fig. 10). Werden diese durch eine äussere Leitung in leitende Verbindung gebracht, so fliessen aus den beiden Ankerhälften Ströme nach den Schleiffedern hin, vereinigen sich

hier und werden in den äusseren Stromkreis geführt. Die Richtung, welche die so erzeugten Ströme bei einer bestimmten Drehrichtung des Ringes haben, ist aus Fig. 10 zu ersehen.

Die Schaltung und der Stromlauf bei dem Pacinotti-Gramme'schen Ringe sind nicht unähnlich dem Falle, in welchem man zwei gleich grosse galvanische Batterien mit den gleichnamigen Polen verbindet (parallel schaltet) und von diesen Verbindungsstellen (*A* und *B*, Fig. 11) den Strom nach aussen leitet.

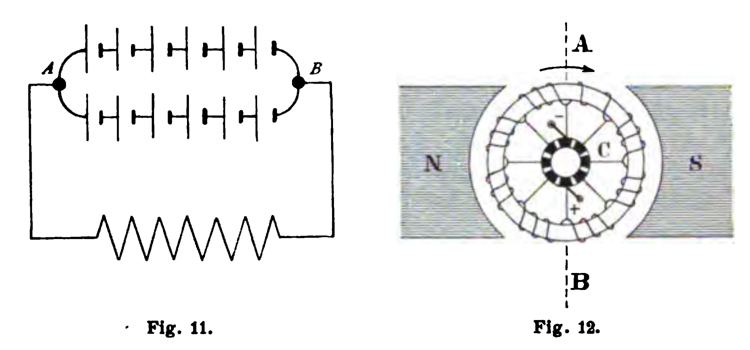


Fig. 11. Fig. 12.

In Wirklichkeit lässt man die Schleiffedern zum Abnehmen des Stromes gewöhnlich nicht unmittelbar auf der Peripherie des (in diesem Falle mit blankem Drahte bewickelten) Ringes schleifen. Die Wickelung ist vielmehr aus isoliertem Drahte ausgeführt und in eine Anzahl einzelner Spulen geteilt, von denen jede eine grössere oder kleinere (jede jedoch die gleiche) Anzahl Windungen enthält. Jede Verbindungsstelle zweier benachbarter Spulen steht ferner mit einem blanken Metallstücke von länglicher Form in leitender Verbindung (Fig. 12), und diese Metallstücke sind, von einander isoliert (durch Glimmer, Pressspahn), rings um die den Ring tragende Welle angeordnet. Sie bilden den Stromabgeber oder Kollektor (*C*, Fig. 12). Auf dem Kollektor (der häufig auch als Kommutator bezeichnet wird) lässt man an den der indifferenten Linie des Ringes entsprechenden Stellen feststehende federnde Bürsten

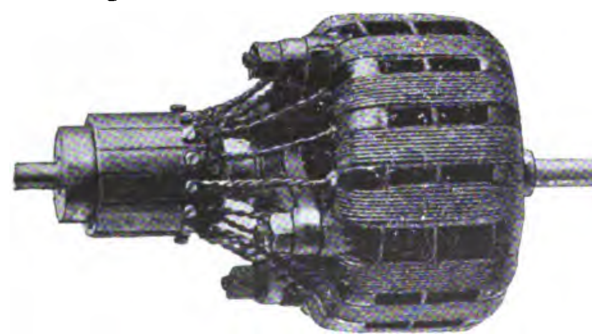


Fig. 13.

aus Draht- oder Blechbündeln oder aus Kohle schleifen, von denen der Strom nach aussen geführt wird.

Fig. 13 und 14 geben die äusseren Ansichten fertiger Gramme-Ringe nebst Kollektoren. Fig. 13 zeigt ein kleines Ringmodell, Fig. 14 den Ringanker einer etwa 50pferdigen Dynamomaschine. Die um die Peripherie des letzteren herumlaufenden Bänder (Bandagen) halten die Bewickelung fest zusammen und wirken so der Zentrifugalkraft entgegen. In Fig. 15 ist ein von der Welle abgenommener Kollektor für sich allein dargestellt. Die einzelnen Lamellen, auf denen die Bürsten schleifen, sind deutlich zu erkennen, ebenso die Büchse aus Isoliermaterial, auf welche sie aufgesetzt sind. An den Ansatzstücken der Lamellen, welche zusammen einen vorstehenden Kranz bilden, sind eingebohrte Löcher zu sehen. In diese (oder auch in Schlitze)

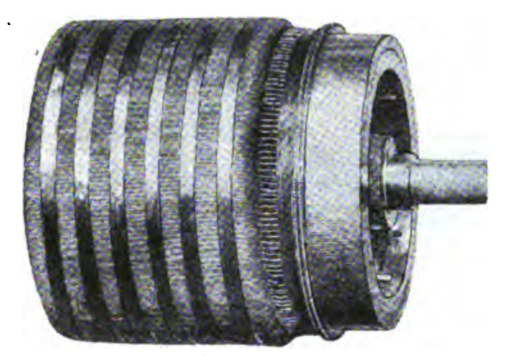


Fig. 14.



Fig. 15.

werden die Enden der Drähte, welche von den Verbindungsstellen der Drahtspulen kommen, eingeführt und sicher befestigt.

Eine mit Gramme'schem Ringe versehene Maschine gibt, wenn der Ring mit konstanter Geschwindigkeit gedreht und durch einen äusseren Stromkreis von unveränderlichem Widerstande geschlossen wird, einen Strom von praktisch gleichbleibender Stärke und unveränderlicher Richtung. Denn wenn auch die in der einzelnen umlaufenden Drahtspule wirksame EMK fortwährend ihre Grösse und Richtung ändert, so behält die Summe derjenigen elektromotorischen Kräfte, welche in den auf einer Seite der indifferenten Zone befindlichen Spulen vorhanden sind, stets die gleiche Grösse und das gleiche Vorzeichen, so dass zwischen den Schleifbürsten eine konstante Spannungsdifferenz besteht.

Es sei noch bemerkt, dass die Bürsten in Wirklichkeit gewöhnlich nicht genau auf der indifferenten Linie stehen. Sie sind vielmehr um einen kleinen Winkel dagegen verschoben in der Richtung, in welcher der Anker sich dreht. Der Grund davon ist in der Rück-

wirkung des in der Ankerwickelung fliessenden Stromes auf das magnetische Feld zu suchen. Die Erläuterung der bezüglichen Erscheinungen kann hier jedoch nicht gegeben werden.[1]) Stets erkennt man die richtige Stellung der Bürsten daran, dass die Funkenbildung an den Stellen, wo sie auf dem Kollektor schleifen, ein Minimum ist.[2]) Um die Bürsten leicht darauf einstellen zu können, sind sie, ohne dass ihre gegenseitige Stellung geändert wird, mittels Handgriffes um den Kollektor drehbar und in jeder Stellung festzuklemmen. Ausserdem lässt sich jede Bürste in ihrem Halter vor- und zurückschieben und mittels Federn mehr oder weniger stark auf den Kollektor aufdrücken. Fig. 16 stellt einen in der genannten Weise verstellbaren Bürstenhalter (Bürstenbrücke) dar. Statt je einer Bürste sind meist auf jeder Seite deren zwei oder mehr parallel neben einander vorhanden, sodass man sie einzeln auch während des Betriebes abheben und nachsehen kann. Die Spannfedern für die Bürsten, sowie die Klemmvorrichtung für den ganzen Halter sind deutlich zu erkennen.



Fig. 16.

Die Lage des oben erwähnten Funkenminimums ändert sich mit der Stromstärke im Anker.

12. Die Feldmagnete. Das dynamoelektrische Prinzip. Das magnetische Feld, in welchem der Anker gedreht wird, kann durch einen oder mehrere hufeisenförmige Stahlmagnete gebildet sein. Bei allen grösseren Maschinen erzeugt man es jedoch durch einen (oder mehrere) Elektromagnet, dessen Polenden öfters mit angesetzten grossen Eisenstücken, den sog. Polschuhen, versehen sind. Diese sind da, wo sie dem Anker zunächst stehen, der Zylindergestalt des letzteren entsprechend ausgearbeitet, umgeben einen Teil seiner Peripherie und sind dem Anker so weit als zulässig (unter Umständen bis auf 1 *mm*) genähert, um möglichst kräftige Induktionswirkung zu erzielen. Die Polschuhe haben den Zweck, die Polflächen zu vergrössern und den Magnetismus gleichmässiger auf die ver-

---

[1]) Näheres findet sich u. A. S. Thompson, »Die dynamoelektrischen Maschinen«, deutsch von Grawinkel. 5. Aufl., Seite 66 ff. — Kittler, »Handbuch der Elektrotechnik«. 2. Aufl., Seite 549 ff. — Kapp, »Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom«. Deutsche Ausgabe (1897), Seite 179 ff.

[2]) Ueber die Ursachen der Funkenbildung und die Verminderung der letzteren, vergl. u. A. Dick, ETZ 1898, Seite 183. — Fischer-Hinnen, ETZ 1898, Seite 802. — Isler, ETZ 1899, Seite 714. — Auch Arnold, ETZ 1899, Seite 5.

schiedenen Teile des Ankers zu verteilen. Die Drahtwindungen des Elektromagnetes erhalten den erregenden Strom nicht von aussen zugeführt, sondern aus dem Anker der Maschine selbst. Dieser Erregerstrom fehlt allerdings im Augenblicke des Anlaufens der Maschine. Allein in den Eisenkernen des Elektromagnetes bleibt, wenn eine einzige erstmalige Magnetisierung stattgefunden hat, ein wenn auch kleiner Rest von Magnetismus (remanenter Magnetismus) zurück und erzeugt in dem sich drehenden Anker eine schwache EMK. Es kommt infolgedessen, wenn ein geschlossener Leitungskreis vorhanden ist, ein Strom zu stande. Dieser durchläuft (ganz oder zum Teil, je nach der Schaltung der Maschine) die Magnetwindungen und verstärkt den vorhandenen Magnetismus. Dadurch wachsen wiederum EMK und Stromstärke, erhöhen den Magnetismus noch weiter u. s. f. Die Maschine »geht von selbst an« oder, wie man auch sagt, »arbeitet sich selbst in die Höhe« und erreicht, wenn der Anker mit gleichmässiger Geschwindigkeit weiter gedreht wird, in kurzer Zeit (meist weniger als 1 Minute) die Spannung und Stromstärke, welche sie unter den obwaltenden Verhältnissen zu geben vermag. Erst nachdem die Möglichkeit, die Maschine in der im vorstehenden beschriebenen Weise sich selbst erregen zu lassen, das sog. dynamoelektrische Prinzip, durch Werner Siemens (1867) entdeckt worden war, gelang es, Maschinen zur Erzeugung von fast beliebig grossen Mengen elektrischer Arbeit und zu mässigem Preise zu bauen. Siemens war es auch, der diesen mit selbsterregten Elektromagneten ausgerüsteten Maschinen den Namen dynamoelektrische oder kurz Dynamomaschinen gab.

13. Schaltung der Dynamomaschinen. Serienmaschine, Nebenschlussmaschine. Die Art, wie die Elektromagnete den zu ihrer Erregung erforderlichen Strom erhalten, d. h. die Schaltung der Magnetwickelung und des Ankers in bezug aufeinander, kann bei gleicher äusserer Form der Maschine verschieden sein. Bei der sog. direkt gewickelten Dynamomaschine (auch Serienmaschine genannt) umfliesst der Hauptstrom, d. h. der Strom, welcher, vom Anker kommend, die äussere Leitung durchströmt, auch die Magnetkerne. Anker, Elektromagnetwindungen und äusserer Stromkreis sind hinter einander (in Serie) verbunden (Fig. 17). Auf den Magnetschenkeln befindet sich in diesem Falle, des kräftigen Erregerstromes wegen, eine nur mässige Zahl von Windungen eines starken Drahtes.

Bei der Nebenschlussmaschine dagegen verteilt sich der aus dem Anker kommende Hauptstrom in zwei Zweige. Der bei weitem grössere Teil speist die äussere Leitung, während eine kleine

Strommenge die mit vielen Windungen eines dünnen Drahtes bewickelten Magnetspulen durchläuft. Die Elektromagnetwickelung liegt in diesem Falle »im Nebenschluss« zum Anker (Fig. 18). Sollen zwei Dynamomaschinen, deren Eisengestell und Anker in Form und Grösse genau übereinstimmen, gleich starkes magnetisches Feld erhalten, während jedoch die eine als Serien-, die andere als Nebenschlussmaschine ausgeführt wird, so hat man nur dafür zu sorgen, dass

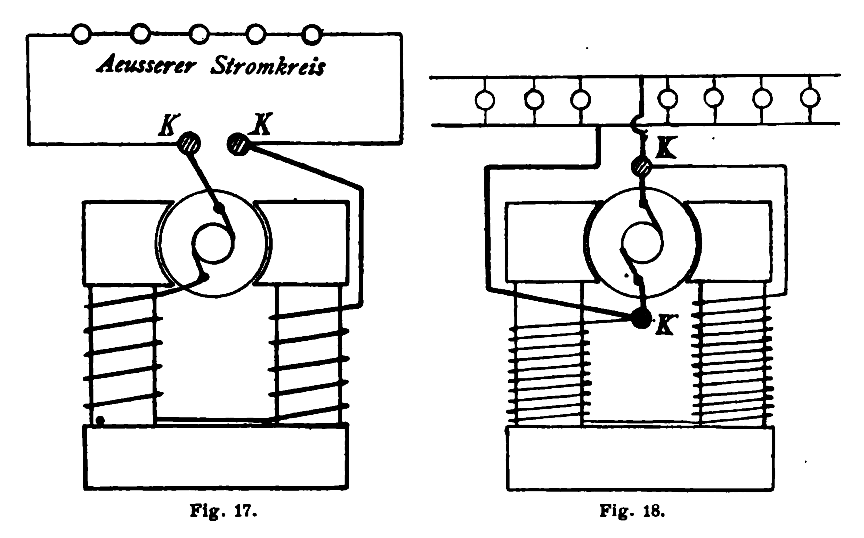


Fig. 17. Fig. 18.

bei beiden das Produkt Zahl der Elektromagnetwindungen mal Stromstärke in denselben den gleichen Wert erhält, oder, wie man sagt, dass die Zahl der Ampère-Windungen bei den Elektromagneten beider Maschinen gleich ist. Diese auf die Eisenkerne der Magnetschenkel wirkenden Ampère-Windungen repräsentieren die magnetisierende Kraft.

14. Änderung der Klemmenspannung mit der Belastung. Die Kompoundmaschine. Wenn bei immer gleichbleibender Umdrehungszahl der Widerstand des äusseren Stromkreises und mit ihm die Stromstärke geändert wird, so bleibt weder bei der Serien- noch bei der Nebenschlussmaschine die Klemmenspannung konstant. Bei der Serienmaschine steigt, wenn infolge allmählicher Verminderung des äusseren Widerstandes der Strom von einem kleinen Betrage an zu wachsen beginnt, der Magnetismus annähernd in demselben Verhältnis und mit dem Magnetismus die EMK. Allerdings nimmt auch der durch den inneren Widerstand der Maschine bedingte Spannungsverlust (innerer Widerstand mal Stromstärke, vergl. 7), sowie die Schwächung der magnetischen Feldstärke durch Rück-

wirkung des Ankerstromes zu, doch überwiegt zunächst die Zunahme der EMK und hat eine Vergrösserung der Klemmenspannung zur Folge. In dem Masse jedoch, wie beim weiteren Steigen der Stromstärke der Magnetismus der Elektromagnete sich der Sättigung nähert, nimmt er und mit ihm die EMK langsamer zu, während der Anteil der EMK, der in den Widerständen des Ankers und der Magnetwickelung verbraucht wird, sowie die das Feld schwächenden »Ampèrewindungen des Ankers« proportional der Stromstärke weiter wachsen. Infolgedessen erreicht die Klemmenspannung bei einem gewissen Betrage der Stromstärke ihr Maximum und nimmt bei weiter wachsendem Strome wieder ab. So kommt der in Fig. 19 graphisch dargestellte Verlauf der Klemmenspannung zu stande.

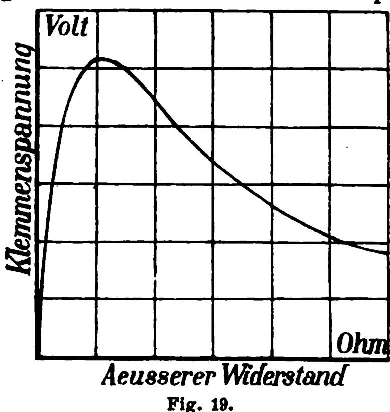


Fig. 19.

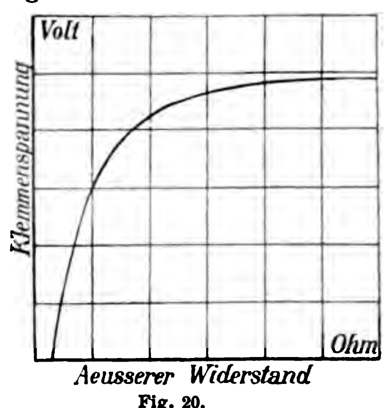


Fig. 20.

Die Nebenschlussmaschine dagegen gibt die grösste Klemmenspannung beim Strome Null im äusseren Stromkreise, da ja die Magnete auch bei geöffneter äusserer Leitung erregt werden und in diesem Falle der durch den Widerstand des Ankers verursachte Spannungsverlust, sowie die Rückwirkung des Ankerstromes auf die Feldstärke am kleinsten ist. Wird durch Verringerung des äusseren Widerstandes die Stromstärke erhöht, so wachsen die beiden letztgenannten Einflüsse und drücken die Klemmenspannung herab. Mit dieser sinkt aber auch die von ihr abhängige Stromstärke in den Magnetwindungen und damit der Magnetismus, also auch die EMK. Infolgedessen fällt, bei gleichmässig abnehmendem Widerstande, die Klemmenspannung immer rascher, wie Fig. 20 veranschaulicht.

In vielen Fällen, insbesondere bei der Glühlichtbeleuchtung, wird jedoch eine auch bei wechselndem Stromverbrauch gleichbleibende Spannung verlangt. Keine der genannten beiden Maschinenarten vermag dies zu leisten, falls nicht etwa eine Person an einem geeigneten Instrumente andauernd die Spannung beobachtet und bei

jeder Schwankung durch Ändern der Tourenzahl, bei der Nebenschlussmaschine event. auch durch Aus- und Einschalten künstlicher Widerstände in den Stromkreis der Magnetwickelung, nachhilft. Es ist jedoch möglich, die genannte Forderung fast vollkommen zu erfüllen, wenn man eine Dynamomaschine so ausführt, dass sie die Eigenschaften der Serien- und der Nebenschlussmaschine in sich vereinigt. Man bringt zu diesem Zwecke auf den Magnetkernen eine dünndrähtige Nebenschlusswickelung an, zugleich aber auch eine kleine Anzahl direkt geschalteter, d. h. vom Hauptstrome durchflossener, dicker Windungen (Fig. 21). Sind die Windungszahlen beider Wickelungen im richtigen Verhältnis gewählt, so lässt es sich erreichen, dass von geringer Beanspruchung bis zum maximalen Stromverbrauch die Klemmenspannung sich um nicht mehr als 2—3 % ändert, vorausgesetzt, dass die Tourenzahl und die Widerstände der Drahtwickelungen konstant bleiben. Wenn nämlich, bei zunehmender Stromstärke im äusseren Kreise, bei reiner Nebenschlusswickelung die Spannung abfallen würde, erhöht der die direkten Windungen durchfliessende Hauptstrom den Magnetismus gerade so weit, dass dies nicht geschieht. Man nennt derartig geschaltete Maschinen Kompoundmaschinen, Maschinen mit gemischter Wickelung, auch wohl Gleichspannungs-Maschinen.

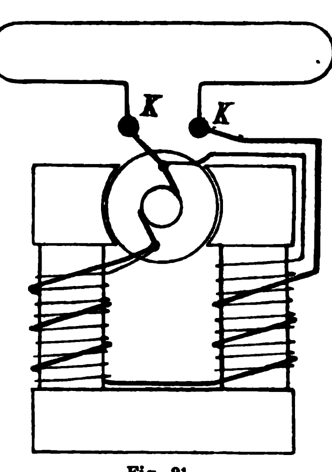
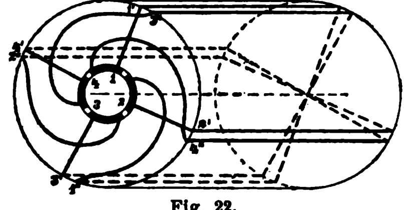


Fig. 21.

15. Der Trommelinduktor. Die bisher behandelte Ankerform des Gramme'schen Ringes zeichnet sich zwar durch die einfache Art der Verbindung der einzelnen Drahtspulen untereinander und mit den Segmenten des Kollektors aus, doch macht die Wickelung der Spulen, besonders auf der der Welle zugekehrten Innenseite des Eisenringes gewisse technische Schwierigkeiten. Ein Gleiches gilt von der mechanischen Befestigung des letzteren auf der Welle. Einen Fortschritt in Bezug auf diese beiden Umstände bedeutet daher der Trommelinduktor von v. Hefner-Alteneck (1872). Diese von der Gramme'schen wesentlich verschiedene Ankerkonstruktion enthält als Eisenkern einen (meist aus vielen ringförmigen, durch Papierringe voneinander getrennten Eisenblechen gebildeten) Hohlzylinder. Der Mantel desselben ist in Richtung der Achse mit einzelnen Kupferdrahtbündeln (bei grösseren Maschinen nur mit

einzelnen Drähten oder Stäben) umwickelt, welche sich an den Stirnflächen gegenseitig überkreuzen. Die Drähte befinden sich also ausschliesslich auf der äusseren Oberfläche der Eisentrommel. Auch hier ist die Verbindungsstelle je zweier Drahtspulen mit einem Kollektorsegment verbunden, jedoch nicht in der einfachen Weise wie bei Gramme.

Die Art der Wickelung und der Verbindungen bei einem Trommelanker der ursprünglichen Form ist aus der perspektivisch gezeichneten, schematischen Fig. 22 zu entnehmen. Um nicht durch eine zu grosse Zahl von Leitern die klare Uebersicht zu beeinträchtigen, sind nur vier einfache Drahtwindungen und dementsprechend auch vier Kollektorsegmente angenommen. Da je zwei diametral sich gegenüberliegende Leiter zu einer und derselben Windung (bezw. Spule) gehören, so ist beim Trommelinduktor die Anzahl der Lamellen des Kollektors halb so gross wie die Zahl der Leiter auf der Oberfläche des Ankers, unter der Voraussetzung, dass jede Spule nur aus einer Windung besteht. Andernfalles beträgt die Lamellenzahl $^1/_2$ von der Anzahl der Leiterbündel. Beim Gramme-Ring dagegen ist die Zahl der Segmente gleich der Anzahl der Leiter (bezw. Leiterbündel) auf dem Mantel des Ankers, weil von diesen nur soviel vorhanden sind, als der Anker Spulen besitzt. Zur weiteren Erläuterung dient Fig. 23. Diese giebt im Schema die Ansicht auf die Stirnseite eines Trommelankers mit 8 Spulen, also 16 Leitern auf der Mantelfläche. Die ausgezogenen Linien bedeuten die Verbindungen auf dieser Seite, während diejenigen auf der entgegengesetzten Stirnseite punktiert sind. Die parallel der Welle verlaufenden, auf dem Mantel der Trommel liegenden Teile der einzelnen Leiter erscheinen bei dieser Ansicht als Punkte und


Fig. 22.

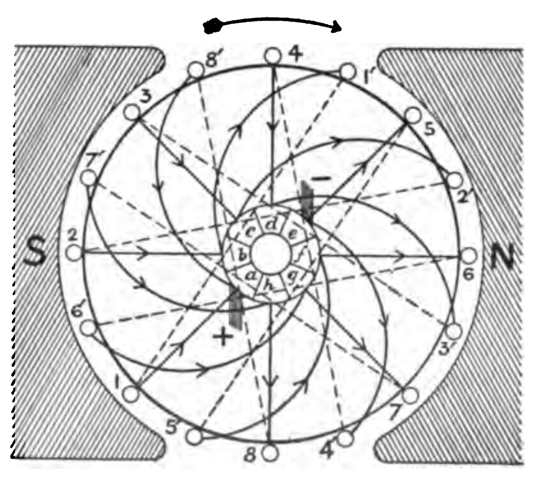


Fig. 23.

sind durch die kleinen Kreise angedeutet. Ferner ist der dem Beschauer zugekehrte, 8 Lamellen enthaltende Kollektor mit den Bürsten, sowie die Polstücke der Feldmagnete zu sehen. In Wirklichkeit ist schon bei kleinen Maschinen für mässige Spannung die Anzahl der Leiter auf dem Anker und dementsprechend auch die der Kollektorteile weit grösser als in Fig. 23.

Diese älteste Art der Trommelwickelung ist mit der Zeit vielfach abgeändert worden.[1]) Fig. 24 gibt die äussere Ansicht einer fertig



Fig. 24.

gewickelten und mit Bandagen (vergl. Seite 14) versehenen kleinen v. Hefner-Alteneck'schen Trommel nebst Kollektor. Neuere Formen von Trommelankern sind später mehrfach abgebildet (z. B. Fig. 55).

16. Dynamomaschinen mit mehr als 2 Magnetpolen. Die einfachste Form der Dynamomaschine — gleichviel ob Ring- oder Trommelmaschine — zeigt einen Elektromagnet mit zwei Polen. Bei grösseren Maschinen erweist es sich als vorteilhafter, 4, 6 und noch mehr Magnetpole auf den Anker wirken zu lassen, statt die Magnete und Polschuhe in demselben Verhältnis wie den Anker zu vergrössern. Die in **11** beschriebenen Induktionsvorgänge, wie sie bei einer zweipoligen Maschine in jeder Ankerhälfte sich vollziehen, finden bei einer vierpoligen in $^1/_4$, bei einer sechspoligen in $^1/_6$ der Ankerwickelung statt u. s. f., da die Magnete mit abwechselnden Polen aufeinander folgen. Die vierpolige Maschine besitzt also zwei »neutrale Zonen«, die rechtwinklig zueinander stehen, die sechspolige drei, welche sich unter Winkeln von 60^0 kreuzen, u. s. w. Für jedes Paar Magnetpole ist also auch ein Paar Stromabnahmestellen erforderlich. Demgemäss können bei einer vierpoligen Dynamomaschine Bürsten schleifen an vier Stellen des Kollektors, die je um einen Bogen von 90^0 von einander entfernt sind, bei der Sechspolmaschine an sechs Stellen, die um je 60^0 von einander abstehen, u. s. f. Man kann aus jedem zusammengehörigen Bürstenpaar Strom entnehmen, sodass also eine vierpolige Maschine auch als

---

[1]) Verschiedene Arten von Trommelwickelungen finden sich dargestellt u. A. bei S. Thompson, l. c. Seite 280 ff. der 4. Aufl. — Arnold, Ankerwickelungen etc., 2. Aufl., Seite 73 ff. — Kittler, 2. Aufl., Seite 506 ff.

eine Kombination von zwei, eine sechspolige als eine solche von drei zweipoligen Dynamomaschinen angesehen werden kann. Fig. 25 zeigt schematisch die Anordnung der Magnetpole und Schleifbürsten für eine vierpolige, Fig. 26 dieselbe für eine sechspolige Maschine. Die neutralen Zonen sind durch punktierte Linien angedeutet. Bei beiden Abbildungen ist Ringwickelung angenommen. Selbstverständlich können mehrpolige Dynamomaschinen ebensogut mit Trommelanker ausgeführt werden.

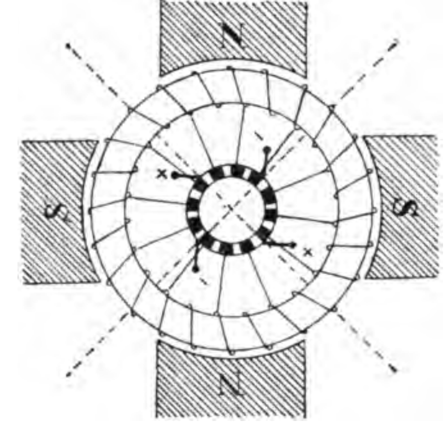


Fig. 25.

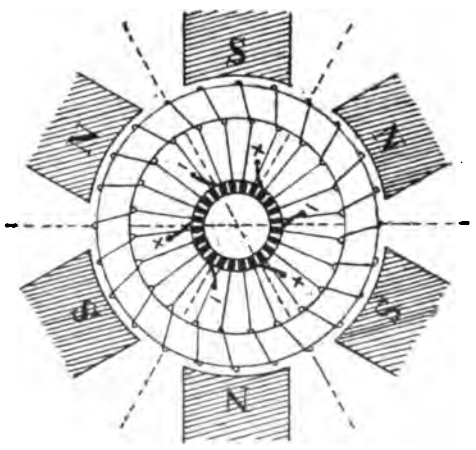


Fig. 26.

Die einzelnen zweipoligen Maschinen, aus welchen man sich eine vier-, sechs- oder mehrpolige Dynamomaschine zusammengesetzt denken kann, können nun entweder parallel oder hinter einander geschaltet werden. Im ersteren Falle liefert dann die Maschine dieselbe Spannung nach aussen, welche in jeder einzelnen, zu 2 aufeinanderfolgenden Magnetpolen gehörenden Ankerabteilung erzeugt wird. Dagegen addieren sich die Stromstärken der zweipoligen Abteilungen. Diese Parallelschaltung ist geeignet für Dynamomaschinen von grösserer Leistung und mässiger Spannung bei verhältnismässig hoher Umdrehungszahl. Schaltet man dagegen die zweipoligen Abteilungen hintereinander (in Reihe), so addieren sich die Spannungen, während die nach aussen abgegebene Stromstärke nicht grösser ist als die, welche jede Abteilung liefert (vergl. 8). Die Reihenschaltung ist von Vorteil bei grösseren Maschinen, welche langsame Umdrehungszahl erhalten oder hohe Spannung liefern sollen, oder bei welchen diese beiden Umstände zusammentreffen.

Die Parallelschaltung der einzelnen zweipoligen Abteilungen einer vier- oder mehrpoligen Dynamomaschine kann einfach dadurch geschehen, dass man die Bürstenhalter der Stromabnahmestellen von gleicher Polarität durch Kabel oder massive Kupferleiter unter einander verbindet. In dieser Weise verfährt man bei grossen Maschinen tatsächlich. Bei mittleren Modellen nimmt man, nach dem Vorgange von Mordey, statt die Schleifbürsten der einzelnen Stromabnahmestellen parallel zu schalten, diese Verbindung wohl auch hie und da am Anker selbst vor. Es werden dabei die einzelnen Drahtspulen, in welchen also gleich grosse und gleich gerichtete elektromotorische Kräfte erzeugt werden, in leitende Verbindung gebracht. Die Verbindungsstücke bringt man gewöhnlich in dem hohlen Innenraume des Kollektors unter.

In diesem Falle reduziert sich die Zahl der erforderlichen Stromabnahmestellen auf 2, gleichviel ob die Maschine 4, 6 oder mehr Pole besitzt. Diese beiden Stellen liegen bei der vierpoligen Maschine um 90°, bei der sechspoligen um 60° oder um 3 × 60 = 180°, bei einer achtpoligen um 45° oder um 3 × 45° oder 5 × 45° aus einander u. s. w. In Fig. 27 ist die eben erläuterte Art der Verbindung im Schema für eine vierpolige Maschine (mit Gramme-Ring) dargestellt. Sie wird Kreuzverbindung oder auch, nach ihrem Erfinder, Mordey-Schaltung genannt und ist bei Ring- wie bei Trommelankern anwendbar.

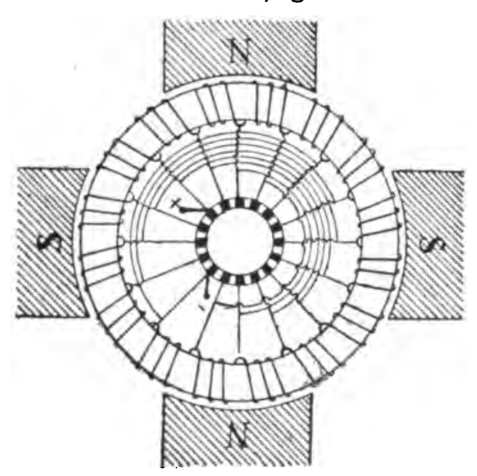


Fig. 27.

Nicht selten ist, bei sechs- oder mehrpoligen Maschinen für niedere Spannung, die Stromstärke zu hoch, um an nur zwei Stellen abgenommen werden zu können, wenn man nicht unzulässige Erbitzung von Kollektor und Bürsten gewärtigen will. In diesem Falle ermöglicht die Mordey-Schaltung es immerhin, wenigstens die besonders unbequem (unterhalb des Kollektors) liegenden Bürsten wegzulassen.

Auch die Reihenschaltung der zweipoligen Abteilungen mehrpoliger Dynamomaschinen kann durch passende Verbindung der Leiter im Anker selbst ausgeführt werden. Beim Trommelanker sind

hierzu sogar keine besonderen Verbindungsstücke erforderlich, sondern es braucht nur die Verbindung der einzelnen Spulen mit dem Kollektor so abgeändert zu werden, wie Fig. 28 für einen vierpoligen Anker veranschaulicht. Auch in diesem Falle wird die Zahl der notwendigen Strom-Abnahmestellen auf 2 reduziert.

Es wird ferner auch noch die sog. Reihen-Parallelschaltung oder gemischte Wickelung des Ankers bei Trommelankern angewandt. Durch diese Wickelungsart wird bei sechs- und mehrpoligen Maschinen erreicht, dass die Zahl der Leiter auf dem Anker nicht so gross wird, wie bei reiner Parallelschaltung der zweipoligen Abteilungen und dass andererseits der Querschnitt jedes Leiters nicht so gross zu sein braucht, wie es bei reiner Reihenschaltung des Ankers erforderlich wäre. Eine eingehende Beschreibung und Zeichnung von Ankern mit Reihenparallelschaltung findet sich in Arnold, Ankerwickelungen u. s. w., 2. Aufl., S. 138.

Die Zahl der möglichen und auch die der wirklich ausgeführten Arten der Ankerwickelung ist mit der Zeit so gross geworden, dass nur die einfachsten und verbreitetsten hier besprochen werden konnten. Wegen der übrigen und auch bezüglich aller Einzelheiten muss auf die mehrfach zitierten Specialwerke verwiesen werden.

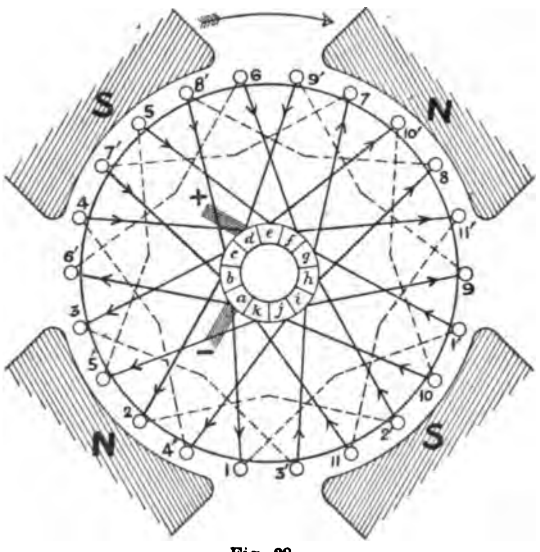


Fig. 28.

17. Innenpolmaschinen. Bei grösseren Dynamomaschinen mit Gramme'schem Ringe werden die Elektromagnete unter Umständen innerhalb des Ringes angebracht, sodass die Polschuhe nur den Drahtteilen auf der inneren Ringseite gegenüberstehen (sog. Innenpolmaschinen). Diese Anordnung eignet sich besonders für Maschinen, welche möglichst geringe Umdrehungszahl haben sollen, um dieselben z. B. mit der Welle einer Dampfmaschine direkt kuppeln zu können. Die Magnetkerne, deren gewöhnlich mindestens vier, bei grossen Maschinen bis zu acht und darüber vorhanden sind, stehen radial um ein gemeinsames, im Mittelpunkte des Ringes befindliches, eisernes

Mittelstück. Die Innenpolmaschinen gestatten eine verhältnismässig niedere Umdrehungszahl der Welle, ohne dass deswegen die Umfangsgeschwindigkeit der Drahtwickelung, welche für die Grösse der in jeder Windung induzierten EMK ja mit massgebend ist, kleiner zu sein braucht, als bei den Maschinen mit Aussenpolen und ohne dass die Dimensionen im Verhältnis zur Leistung allzu gross werden.

Sehr grosse Maschinen der eben beschriebenen Art besitzen für jede Ankerabteilung nur eine einzige Drahtwindung. In diesem Falle wird der Kollektor entbehrlich, und man lässt die Bürsten direkt auf der Aussenseite des mit aussen blanken Kupferstücken bewickelten Ringes schleifen (Siemens & Halske). Die später folgenden Fig. 98 bis 100 zeigen verschiedene Ausführungen derartiger Innenpolmaschinen.

18. Kraftlinientheorie. Seit etwa 15 Jahren hat man sich, hauptsächlich infolge der Anregung Kapp's und Hopkinson's, gewöhnt, bei Betrachtung der Vorgänge in der Dynamomaschine eine von Faraday herrührende Anschauung über den Magnetismus, die sog. Kraftlinientheorie, zu grunde zu legen. Bringt man in die Umgebung eines Magnetpoles, die dessen magnetisches Feld genannt wird, ein Massenteilchen, das die Fähigkeit hat, magnetisch zu werden (z. B. ein Eisen-, Nickel-, Kobaltteilchen), so bewegt sich dieses nach dem Magnetpole hin. Die Bahn, welche es dabei durchläuft, ist die Richtung der magnetischen Kraft, welche der Pol auf es ausübt. Je nach der Stelle des magnetischen Feldes, an welche man das Teilchen bringt, ist diese Bahn verschieden; sie fällt jedoch stets mit der Richtung der auf die betreffende Stelle wirkenden magnetischen Kraft zusammen. Diese Richtungslinien der von einem Pole aus wirkenden magnetischen Kraft gehen strahlenartig von dem Pole aus und verlaufen in geschlossenen Bahnen nach dem nächsten ungleichnamigen Pole hin. Sie lassen sich bekanntlich sichtbar machen, wenn man in ein magnetisches Feld ein Papierblatt bringt und dieses mit Eisenfeile bestreut.

In Fig. 29 bezeichnen die punktierten Linien den Verlauf dieser Kraftlinien in einer durch das magnetische Feld gelegten Ebene für einen gewöhnlichen Stabmagnet, sowie in Fig. 30 bei einem Magnete von gekrümmter Form, dessen Polflächen einander gegenüber stehen.

Man benutzt nun nach Faraday's Vorgange diese Kraftlinien auch, um über die Stärke des magnetischen Feldes eine Vorstellung zu erhalten. In Wirklichkeit ist die Zahl der von Pol zu Pol verlaufenden Richtungslinien der magnetischen Kraft, die ja nur gedacht sind, unendlich gross. Allein Faraday macht willkürlich die Annahme, ihre Zahl sei endlich und zwar um so grösser, je stärker

das magnetische Feld ist. Unter der Stärke eines magnetischen Feldes an irgend einer Stelle versteht man sonst die Kraft, welche es auf einen magnetischen Pol von der Polstärke 1 ausübt, der sich an der betreffenden Stelle befindet. Diese Kraft wird nach dem sog. absoluten Masse in »Krafteinheiten« oder »Dynen«[1]) gemessen. Man macht nun die Annahme, es gingen an der bezüglichen Stelle des Magnetfeldes soviele Kraftlinien durch jedes Quadratzentimeter einer Fläche hindurch, die man sich senkrecht zur Richtung der Kraftlinien gelegt denkt, als die in Krafteinheiten (Dynen) gemessene Kraft beträgt, die das Feld an dieser Stelle auf einen da befindlichen Einheitspol ausüben würde. Dadurch drückt also die Anzahl der Kraftlinien, welche auf das Quadratzentimeter einer sie senkrecht schneidenden

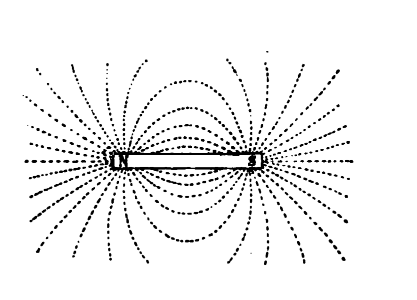


Fig. 29.

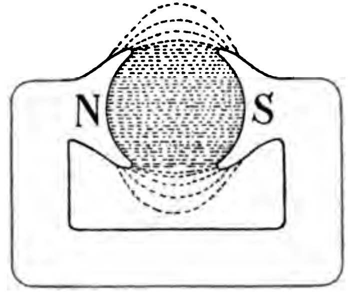


Fig. 30.

Fläche kommen (die sog. Dichte der Kraftlinien) die Stärke des Magnetfeldes an der betreffenden Stelle aus. Bei einem Felde von der Feldstärke 1 würde also nur 1 Kraftlinie durch jedes Quadratzentimeter hindurchgehen. Die Stärke des Magnetfeldes einer Dynamomaschine, in welchem der Anker gedreht wird, ist bei verschiedenen Typen verschieden und beträgt etwa 5000 bis 10000 Kraftlinien pro Quadratzentimeter. Für wissenschaftliche Zwecke sind schon Felder bis zu einer Kraftliniendichte von 40000 und darüber hergestellt worden.

Die Gesamtzahl aller Kraftlinien eines magnetischen Feldes ist die Summe der Linien, welche durch jedes einzelne Quadratzentimeter einer senkrecht zur Kraftlinienrichtung gelegten Fläche hindurchgehen. Es ist möglich, bei einer und derselben Gesamtzahl Kraftlinien die Dichte derselben, also die Stärke des Magnetfeldes an bestimmten Punkten desselben, zu verändern. Versieht man z. B. zwei

---

[1]) 1 Dyne ist die Kraft, welche einer Masse von 1 *g* in 1 Secunde eine Geschwindigkeit von 1 *cm*/Sek. erteilt. Näheres über das absolute Masssystem vergl. z. B. v. Waltenhofen, »Die internationalen absoluten Masse«, Braunschweig 1892.

ganz gleiche Hufeisenmagnete mit Polschuhen, deren ebene Endflächen bei jedem in gleichem Abstande einander parallel gegenüberstehen, so ist in den beiden Magnetfeldern die Dichte der Kraftlinien, also die Feldstärke verschieden, wenn man die Flächen der Polschuhe bei beiden Magneten verschieden gross macht. Wenn auch die Gesamtzahl der Kraftlinien in beiden Feldern gleich gross sein kann, so verteilen sie sich doch bei grossen Polschuhen auf einen grösseren Raum, sind also weniger dicht als bei kleineren Polschuhen.

Die in einem Leiter, z. B. einem Drahte, den man in einem magnetischen Felde bewegt, induzierte EMK ist am grössten, wenn die Bewegung senkrecht zur Richtung der Kraftlinien, sie ist null, wenn dieselbe in Richtung der Kraftlinien erfolgt. Sie ist ferner um so grösser, je grösser die Zahl der Kraftlinien ist, welche der bewegte Leiter in der Zeiteinheit schneidet. Dieser letztere Satz drückt aber genau dasselbe, nur mit anderen Worten, aus, was schon in **10** gesagt wurde, dass nämlich die induzierte EMK durch die Stärke des magnetischen Feldes und die Geschwindigkeit, mit welcher der Leiter bewegt wird, bedingt ist.

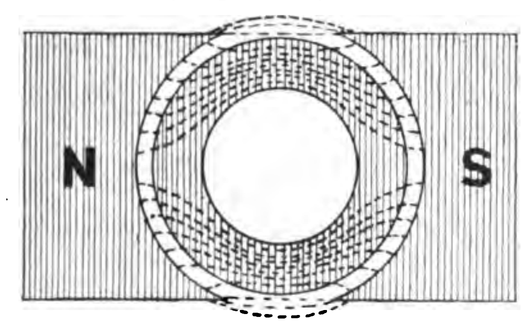


Fig. 31.

Der Verlauf der Kraftlinien eines magnetischen Feldes ist nicht unter allen Umständen derselbe. Es ist möglich, ihn dadurch abzuändern, dass man Eisen oder andere magnetische Substanzen in das Feld bringt. Die Kraftlinien nehmen dann zum grössten Teile ihren Weg durch diese Körper. Insbesondere das weiche Eisen besitzt eine so grosse Aufnahmefähigkeit für die Kraftlinien, dass es möglich ist, durch Einbringen eines passenden Eisenstückes zwischen zwei Magnetpole die Kraftlinien zu zwingen, zum grössten Teile durch das Eisen zu gehen, sodass nur ein kleiner Teil direkt durch die Luft oder die sonstigen umgebenden Medien verläuft. So befindet sich in dem magnetischen Felde zwischen den Polschuhen einer Dynamomaschine der Eisenkern des Ankers. Fig. 31 veranschaulicht, wie in diesem Falle die Kraftlinien fast alle in das Eisen schlüpfen und durch dieses ihren Weg nehmen, während in dem lufterfüllten Innenraum des ringförmigen Eisenquerschnittes, sowie in der äusseren Umgebung die Kraftlinien nahezu verschwunden sind. Das Kraft-

linienbild erscheint also nach dem Einbringen der Eisenmasse in das Magnetfeld gegen dasjenige in Fig. 30 durchaus verändert. Man kann sich davon wieder durch Eisenfeile, die man auf ein möglichst nahe an das Magnetfeld gebrachtes Papier streut, überzeugen.[1]) Man hat ein Interesse daran, möglichst alle Kraftlinien des Feldes durch das Ankereisen gehen zu lassen, damit die Kraftlinienzahl, welche die dicht auf dem Eisenkern des Ankers befindliche Drahtwickelung beim Laufen des Ankers schneidet, so gross als möglich sei.

Kennt man die Gesamtzahl der Kraftlinien, welche durch den Anker einer Dynamomaschine hindurchgehen, so lässt sich die elektromotorische Kraft der Maschine aus Kraftlinienzahl, Anzahl der Drahtwindungen auf dem Anker und Umlaufsgeschwindigkeit (bezw. Tourenzahl) in einfacher Weise im voraus berechnen. Die bezüglichen Formeln finden sich in Spezialwerken.[2])

Die in den Eisentheilen einer Dynamomaschine und den umgebenden Luftschichten verlaufenden Kraftlinien werden erzeugt durch die »magnetisierende Kraft« (auch magnetomotorische Kraft genannt) der stromdurchflossenen Elektromagnetwindungen. Die Zahl aller in den Eisenteilen der Maschine verlaufenden Kraftlinien und damit auch die Stärke des Magnetfeldes, in dem der Anker sich befindet, wird aber, bei gleicher magnetisierender Kraft der Elektromagnetwindungen, um so grösser, je kleiner der »magnetische Widerstand« der Maschine ist, d. i. der Widerstand, welchen die Kraftlinien bei ihrem Verlauf durch die Eisenteile der Maschine (die Schenkel, das dieselben verbindende Joch und das Ankereisen) und den Luftzwischenraum zwischen den Polschuhen und dem Ankereisen finden (wie Kapp es sich vorstellt). Der magnetische Widerstand der Eisenteile dieses magnetischen Kreises steigt, ähnlich dem elektrischen Leitungswiderstande, mit der Länge, nimmt ab mit dem Querschnitt der Teile und ist ausserdem von der Eisensorte und von der Höhe der Magnetisierung (der magnetischen Sättigung) abhängig. Die Luftstrecke zwischen den Polschuhen und dem Ankereisen besitzt einen sehr bedeutend (mehr als 1000 mal) höheren magnetischen Widerstand als eine gleich grosse Strecke Schmiedeeisen von demselben Querschnitt, doch besteht bei ihr die gleiche Beziehung des Widerstandes zu Länge und Querschnitt wie bei jenem. Je grösser die Länge der Luftschicht wird, desto mehr sinkt die in das Ankereisen eintretende Kraftlinienzahl, und desto grösser wird der Teil derselben, welcher sich, mit Umgehung des

---

[1]) Derartige Kraftlinienbilder von modernen Dynamomaschinen finden sich z. B. bei Hess, ETZ 1898, Seite 769.

[2]) Vergl. z. B. Silv. Thompson, l. c., Seite 323 ff. — Kittler, Bd. I, Seite 768 ff. — Kapp, Dynamomaschinen. Berlin 1897. Kapitel 7 ff.

Ankereisens, von Pol zu Pol direkt ausgleicht und also nicht ausgenutzt wird. Man bezeichnet das Verhältnis der Anzahl Kraftlinien, welche so nutzlos in der umgebenden Luft zerstreut werden, zur Gesamtzahl aller erzeugten Kraftlinien als die »Streuung« der Dynamomaschine. Die magnetische Disposition einer Maschine ist also um so vollkommener, auf einen je kleineren Betrag die Kraftlinienstreuung herabgedrückt ist, oder, was dasselbe heisst, ein je

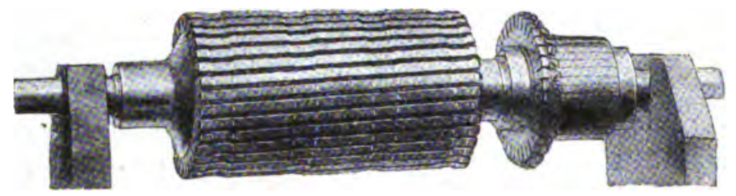


Fig. 32.

grösserer Bruchteil aller erzeugten Linien als nutzbare »magnetische Strömung« durch den Anker hindurchgeht.

Es folgt hieraus, dass man den Zwischenraum zwischen den ausgerundeten Polflächen der Magnete und dem Ankereisen vorteilhaft so schmal als irgend möglich machen wird (vergl. hierüber die Angabe unter **12**). Bei gewissen Ankerkonstruktionen (gleichgültig ob Ring- oder Trommelanker) wird sehr grosse Annäherung des Ankereisens an das Schenkeleisen dadurch erzielt, dass man die Drahtwindungen auf der Aussenfläche des Ankers in Nuten legt, welche in den Eisenkern des Ankers eingefräst sind. Fig. 32 zeigt eine noch unbewickelte Eisentrommel, welche mit solchen Nuten versehen ist. Fig. 32a gibt einen Schnitt durch den unbewickelten Nutenanker und darunter in grösserem Massstabe im Schnitte eine leere, eine mit Isoliermaterial ausgekleidete und zwei die Drahtwickelung enthaltende Nuten. Diese Nutenanker haben z. Z. grosse Verbreitung. Noch weiter geht C. E. L. Brown, der die gut isolierten Ankerdrähte in Bohrungen legt, welche im Ankereisen, nahe der Aussenfläche, angebracht sind (vergl. Fig. 33, die ein Stück eines derartigen Ankers im Schnitt zeigt). Die Dicke der Eisenschicht, welche zwischen

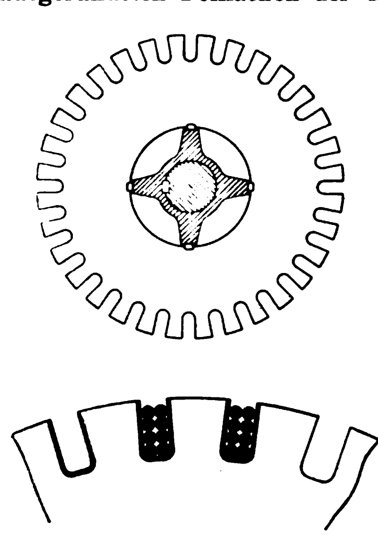


Fig. 32a.

einem Drahtleiter und der Mantelfläche des Ankers sich befindet, darf natürlich nur gering sein (höchstens 1 *mm*). Nicht selten werden übrigens die Löcher derartiger »Lochanker« aufgeschlitzt.

Es dürfen ferner die Polflächen der Elektromagnete den Anker nicht zu weit umgreifen, um den direkten Uebergang der Kraftlinien von Pol zu Pol möglichst zu vermindern. Aber auch in den Eisenteilen der Elektromagnete (Schenkel und Joch) macht man den von den Kraftlinien zu durchlaufenden Weg so kurz als angängig, d. h. man gibt diesen Teilen nur gerade die Länge, welche bei gegebener magnetisierender Kraft der Wickelung nötig ist, und dabei möglichst grossen Querschnitt. Ebenso muss der Anker genügend Eisen enthalten. Aus diesen und anderen Gründen zeigen die modernen Dynamomaschinen einen gedrungeneren Bau und grössere Eisenmassen als die älteren Formen, ausserdem, wegen der besseren Ausnutzung der magnetisierenden Kraft, weniger Kupferdraht auf dem Anker und auch auf den Schenkeln.

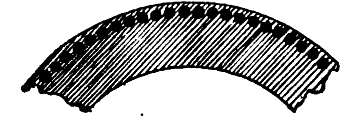


Fig. 33.

Die Kraftlinientheorie ermöglicht es, wenn die magnetischen Eigenschaften der benutzten Eisensorten, die zur Felderregung dienende Anzahl Ampèrewindungen und die Dimensionen aller Teile bekannt sind, die im ganzen erzeugte und, unter Annahme der Streuung, auch die das Ankereisen durchlaufende Kraftlinienzahl voraus zu berechnen. (Vergl. G. Kapp, l. c., S. Thompson, l. c., Kittler, l. c.).

In Fig. 34 ist die magnetische Disposition einer Anzahl Konstruktionen von Dynamomaschinen in einfachen Schnittfiguren veranschaulicht. Der aus Eisenteilen bestehende magnetische Kreis ist schwarz angelegt mit Ausnahme des Ankereisens, welches schraffiert ist. Die Lage der Elektromagnetwindungen ist durch Punkte angedeutet, die die Schnitte der einzelnen Drähte darstellen. Die Mehrzahl der Anordnungen ist zweipolig. No. 6 veranschaulicht eine sechspolige, No. 7 eine Innenpolmaschine mit 4 Polen.

19. Dynamomaschinen für verschiedene Spannungen und Stromstärken. Ist der Eisenkörper einer Dynamomaschine, sowie die Umdrehungszahl gegeben, so steht damit die maximale elektrische Arbeit, welche die Maschine zu liefern vermag, ungefähr fest. Man ist jedoch in der Lage, die Bewickelung nach Belieben so einzurichten, dass man hohe Spannung und mässige Stromstärke, oder aber geringere Spannung bei hohem Strome erhält. Nur das Produkt dieser beiden Grössen (d. h. der Maximalbeträge derselben) bleibt nahezu das gleiche. Eine für eine grösste elektrische Leistung von 13000 Watt

gebaute Maschine liefert bei 500 Volt 26 A. Ist die Wickelung dagegen für eine Spannung von 65 Volt berechnet, so kann man im Maximum etwa 200 A erhalten. Maschinen für hohe Spannung erfordern eine vollkommenere, d. h. dickere Isolierung der Drahtwickelung, insbesondere derjenigen auf dem Anker. Hierdurch wird

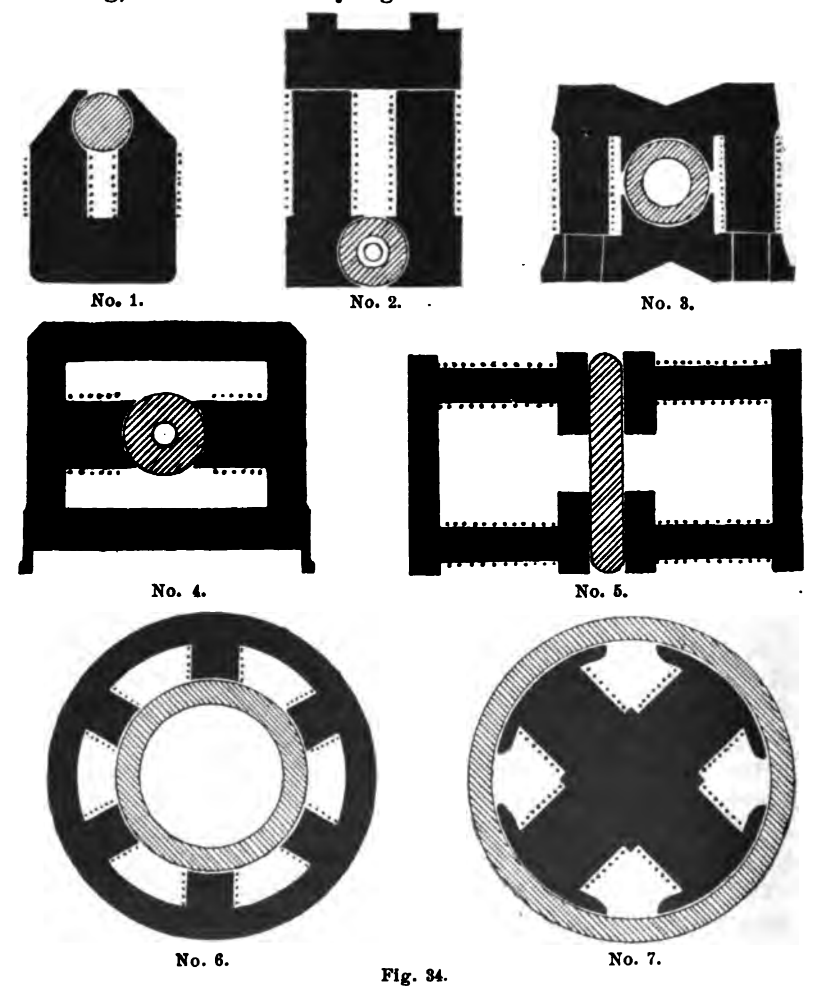


Fig. 34.

die bei gegebenem Eisengestell anzubringende Drahtlänge und damit die erreichbare elektrische Leistung etwas kleiner als bei niederer Spannung. Die für Glühlichtbeleuchtung allein oder für Glüh- und Bogenlicht gemeinsam bestimmten Dynamomaschinen für Einzelanlagen sind meist für eine Spannung von 100—120, oder für

220—240, seltener für etwa 65 Volt gebaut. Enthält eine Anlage dagegen nur Bogenlampen in Serienschaltung, so richtet sich die Maschinenspannung nach der Zahl der von der Maschine gespeisten Lampen und geht unter Umständen bis 1000 Volt und darüber. Bei gegebenem magnetischen Felde und feststehender Tourenzahl bedingt die Spannung, welche der Anker liefern soll, die auf denselben zu wickelnde Drahtlänge, die maximale Stromstärke dagegen den Kupferquerschnitt der Drähte.

20. Wirkungsgrad der Dynamomaschinen. Die mechanische Arbeit, welche in der Dynamomaschine in elektrische Arbeit umgewandelt wird, wird aufgewandt, um den Anker im magnetischen Felde zu drehen. So lange die Maschine nicht erregt ist und »offen« läuft, d. h. keinen Strom gibt, ist zur Bewegung des Ankers nur ein sehr geringer Arbeitsaufwand erforderlich, der hauptsächlich durch die Reibung der Welle in den Lagern, Reibung der Bürsten am Kollektor und den Widerstand der Luft bedingt ist. Erregt man jedoch das magnetische Feld und entnimmt Strom, so setzt der Anker der Drehung bedeutenden Widerstand entgegen. Die Magnetpole sind bestrebt, ihn festzuhalten. Die Kraft der Betriebsmaschine reisst ihn immer wieder an denselben vorbei.

Es ergibt sich daraus, dass die Eisenteile des Ankers sehr solide unter einander und mit der Welle verbunden sein und ebenso die Kupferwindungen unverrückbar darauf festsitzen müssen, da gerade hier, zwischen den Magnetpolen und der Ankerwickelung, die ganze der Maschine zugeführte mechanische Arbeit zur Wirkung kommt. Wie schon in **4** ausgeführt wurde, kann man für eine mechanische Pferdestärke als theoretisches Maximum nur 736 Watt erhalten. Dies ist jedoch praktisch nicht erreichbar, da bei jeder derartigen Arbeitsumwandlung Verluste nicht zu vermeiden sind. Die letzteren setzen sich bei der Dynamomaschine zusammen aus: Verlust an elektrischer Arbeit durch den inneren Widerstand des Ankers (vergl. **5**), sowie zur Magnetisierung der Elektromagnete; Arbeitsverlust durch Induktion sogenannter Foucault'scher oder Wirbel-Ströme in anderen Metallteilen der Maschine als den Ankerdrähten, insbesondere im Eisen des Ankers, sowie infolge der fortwährenden Ummagnetisierung des Ankereisens wegen der sog. Hysteresis (auf welche sämtlich hier nicht näher eingegangen werden kann); endlich die schon oben genannten mechanischen Verluste durch Lager-, Bürsten- und Luftreibung.[1])

Der Bruchteil der zugeführten mechanischen Arbeit, welcher

---

[1]) Näheres über diese Verluste und ihre Ermittelung enthalten die Arbeiten von G. Kapp, ETZ 1891, Seite 357 u. 553; Hummel, ETZ 1891, Seite 515; Dettmar, ETZ 1898, Seite 252; 1899, Seite 203 u. 380.

so nutzlos verloren geht, beträgt 7—25 Prozent und darüber. Der Betrag desselben hängt ab von der mehr oder minder vollkommenen Konstruktion der Maschine, aber auch von ihrer Grösse. Bei einer und derselben Maschinenform findet in den grösseren Modellen eine günstigere Ausnutzung der mechanischen Arbeit statt, als in den kleineren. Man bezeichnet den Bruchteil der gesamten der Maschine zugeführten Arbeitsmenge (diese = 1 gesetzt), welcher im äusseren Stromkreise als nutzbare elektrische Arbeit erhalten wird, als den mechanischen oder kommerziellen Wirkungsgrad (auch wohl als das mechanische »Güteverhältnis« oder den »Nutzeffekt«) der Maschine. Man findet denselben, wenn man die im äusseren Kreise erhaltene, in Watt gemessene elektrische Leistung dividiert durch die Anzahl Watt, welche theoretisch den der Maschine zugeführten Pferdestärken entspricht, die also durch Multiplikation der letzteren mit 736 gefunden wird. Gibt z. B. eine Dynamomaschine im äusseren Stromkreise 110 Volt und 150 Ampère, also 16500 Watt, und verbraucht dabei 26 PS, so beträgt ihr mechanischer Wirkungsgrad

$$\frac{16500}{26 \times 736} = \frac{16500}{19136} = 0{,}864 \text{ oder } 86{,}4\,\%.$$

Der gesamte in Elektrizität umgewandelte Arbeitsbetrag ist etwas grösser, da ja in der Maschine selbst ein Teil der elektrischen Arbeit verbraucht wird. Der mechanische Wirkungsgrad beträgt bei Dynamomaschinen für einen maximalen Arbeitsverbrauch von 5—10 PS etwa 80—85 %, bei Maschinen für 15—50 PS etwa 84—89 %, bei noch grösseren Formen 90 % und darüber.

Diese Zahlen gelten für den Fall, dass die Maschinen mit der maximalen Leistung beansprucht werden, für welche sie gebaut sind. Entnimmt man geringere Mengen elektrischer Arbeit, so sinkt der Wirkungsgrad mit der Beanspruchung etwas, da ein Teil der oben genannten Verluste bei jeder Beanspruchung derselbe bleibt.

Das elektrische Güteverhältnis einer voll beanspruchten Maschine, d. h. das Verhältnis

$$\frac{\text{Äussere elektrische Arbeit}}{\text{Elektrische Gesamtarbeit}}$$

(vergl. 5) ist grösser als das mechanische. Es beträgt schon bei kleineren, 6—10 pferdigen Maschinen guter Konstruktion nicht unter etwa 90 % und erreicht bei Grossmaschinen 96 %. Die elektrische Gesamtarbeit findet man, wenn man zu der äusseren elektrischen Arbeit die Beträge addiert, welche, infolge des Widerstandes des Ankers und der Magnetwickelung, in der Maschine selbst verbraucht werden.

Konstruktionen verschiedener Dynamomaschinen.

21. Mit der zunehmenden Erkenntnis der Faktoren, welche für eine möglichst günstige Wirkungsweise der Dynamomaschine massgebend sind, hat sich mit der Zeit der Aufbau dieser Maschinen erheblich verändert. Die Umwandlung hat sich wesentlich in der Richtung vollzogen, dass die Konstruktion einfacher geworden ist. Aus physikalischen Apparaten, die sie ursprünglich waren, sind die Maschinen zur Stromerzeugung nach und nach zu wirklichen, auch mechanisch vollkommen solide ausgeführten Maschinen geworden. Auch zeigen die von verschiedenen Fabriken gebauten Typen heutzutage viel mehr übereinstimmende Merkmale als früher. Von der grossen Anzahl der anfänglich erdachten Konstruktionen haben sich einige Hauptformen als besonders zweckmässig erwiesen; diese hat man dann am vollkommensten ausgebildet, und sie finden sich zur Zeit am meisten verbreitet. Eine Durchsicht der unten folgenden Beschreibungen und Abbildungen wird dies bestätigen.

Was den äusseren Aufbau der modernen Dynamomaschinen betrifft, so finden wir, dass das Magnetgehäuse der Maschine nebst Füssen oder gar nebst der Grundplatte bei kleinen und mittleren Modellen ein Gussstück bildet, bei grösseren horizontal oder vertikal geteilt ist. An beide Stirnflächen des Gehäuses sind schildartige Gussteile geschraubt, welche je ein Lager tragen. Bei grossen Typen ruhen die Lager in besonderen Lagerböcken, welche auf die Grundplatte geschraubt werden. Als Material für die Magnete ist Schmiedeeisen nur noch selten in Verwendung. An Stelle des viele Jahre lang fast ausschliesslich benutzten Gusseisens haben zahlreiche Firmen weichen Stahlguss für die Magnetgestelle zu verwenden begonnen. Wegen der grösseren Festigkeit und Zähigkeit, sowie insbesondere der günstigeren magnetischen Eigenschaften dieses Materiales lassen sich die Maschinengestelle daraus in schwächeren Abmessungen und infolgedessen leichter ausführen. Dadurch wird die Montage bequemer und beim Transporte die Fracht billiger.

Die Anker, welche als Trommeln oder Gramme'sche Cylinderringe ausgeführt sind, werden durchweg aus Blechringen zusammengesetzt. Diese sind aus bestem, weichem Holzkohleneisen von gewöhnlich 0,5 *mm* Stärke ausgeschnitten oder gestanzt. Sie werden durch dünne Papierringe von der gleichen Form von einander isoliert. Der so gebildete eiserne Hohlzylinder wird an beiden Enden durch geeignete Flanschen zusammengepresst. Bei kleineren Trommelankern können die Blechringe durch eine gleich mit eingestanzte Keilnut, in welche ein auf der Welle sitzender Keil eingreift, direkt mit der Welle

mechanisch verbunden werden. Bei Gramme-Ringen, bei welchen auch im inneren Hohlraume des Eisenkernes Drahtwindungen liegen, sowie bei grösseren Trommeln, fasst man diesen mittels mehrerer Speichen, welche in Nuten eingreifen, die in die Ringbleche eingestanzt sind, oder es gehen durch die Eisentrommel einige Bolzen, nahe der inneren Höhlung, isoliert hindurch, die an beiden Enden mit den auf der Welle sitzenden Speichen verschraubt sind. Die Seite 30 erwähnten Nutenanker sind z. Z. sehr verbreitet, insbesondere wegen der sicheren mechanischen Verbindung der Kupferdrähte mit dem Eisenkern. Den Hohlraum des letzteren lässt man vielfach an beiden Enden offen, lässt auch in dem Blechbündel radiale Spalten frei, wodurch eine kräftige Luftkühlung des Eisens beim Laufen der Maschine erzielt wird. Der besseren Raumausnützung wegen gibt man den Kupferleitern häufig rechteckigen Querschnitt. Bei grösseren Maschinen für mässige Spannung besteht jede Ankerspule nur aus einer Windung, sodass also bei Nutenankern in jeder Nut nur ein einziger Kupferstab liegt.

Um bei Trommelankern an den beiden Stirnflächen, insbesondere an der vom Kollektor abgekehrten, die Anhäufung einer grösseren, fest aufeinander liegenden Drahtmasse zu vermeiden, wickelt man an den genannten Stellen die Drähte häufig nicht mehr knäuelartig über einander, sondern bewirkt die Verbindung der auf der Mantelfläche des Ankers liegenden Leiter durch bogenförmige, von einander durch schmale Lufträume getrennte Verbindungsstücke. Dadurch erhält der Anker bessere Luftkühlung und ein schöneres Aussehen. Auch können dann die einzelnen Ankerspulen vorher auf Schablonen geformt, einzeln aufgebracht und infolgedessen bei Reparaturen auch einzeln ersetzt werden. Anker mit der vorbeschriebenen Einrichtung sind u. A. in Fig. 55, 56, 65 und 82 abgebildet.

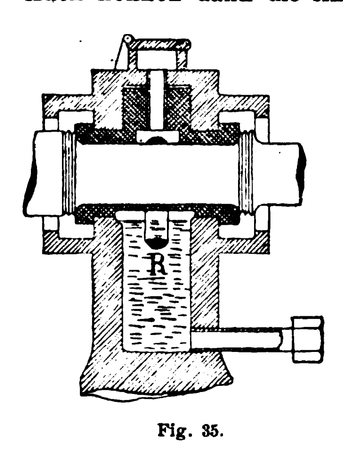


Fig. 35.

Die Stromabnahme am Kollektor geschieht entweder durch Schleifbürsten aus Kupferdrahtgaze oder Bündeln dünnen Bleches, oder aber durch prismatische Kohlenklötze (sog. Kohlebürsten). Die ersteren gestatten bei gegebener Auflagefläche beträchtlich höhere Stromstärken abzunehmen, während bei Kohlebürsten der Kollektor mehr geschont und besser gehalten wird.

Die Lager werden heutzutage fast durchweg mit der sog. Ringschmierung versehen, die den Vorzug hat, fast keiner

Wartung zu bedürfen und wenig Öl zu verbrauchen. Bei dieser Einrichtung sind die Lagerschalen durchbrochen, und in dem dadurch gebildeten Zwischenraume befindet sich ein Metallring, der lose auf die Welle gehängt ist. Fig. 35 zeigt ein so konstruiertes Lager im Durchschnitt. Die Lagerschalen sind kreuzweise schraffiert, die Schnittflächen des mit *R* bezeichneten Ringes schwarz angelegt. Unterhalb des Ringes befindet sich ein Ölbassin, in welches der Ring hineinhängt. Beim Laufen der Welle wird durch den mit herumgenommenen Ring eine reichliche Schmierung bewirkt. Lange Lager, für grosse Dynamomaschinen, sind mehrmals geschlitzt und mit so vielen Ringen versehen, als Schlitze vorhanden sind. Über jedem Ringe befindet sich ein Deckel, der sich öffnen lässt. Die Lager einer mit Ringschmierung versehenen Dynamomaschine können mehrere Tage lang ohne Aufsicht laufen. Von Zeit zu Zeit ist das gebrauchte Schmieröl aus dem Bassin abzulassen und durch frisches zu ersetzen.

Es sollen nun von den bekannteren der besonders in Deutschland zur Zeit gebräuchlichen Gleichstrom-Dynamomaschinen zunächst kurze Beschreibungen an der Hand von Abbildungen folgen und daran anschliessend Tabellen, welche den Prospekten der betreffenden Firmen entnommen sind, mit Angaben über die elektrische Leistung, Umdrehungszahl, Dimensionen u. s. w. für die verschiedenen Maschinengrössen.

Aussenpol-Dynamomaschinen.[1])

22. Dynamomaschinen der **Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft vormals Schuckert & Co.** in Nürnberg (Modell A).

Bei der zweipoligen Maschine bildet das in einem Stücke gegossene Magnetgestell einen geschlossenen rechteckigen Rahmen. Die von je einer Wickelungsspule umgebenen Polstücke sitzen oben und unten. Der Rahmen ist so breit, dass er die Magnetspulen und den Anker (abgesehen vom Kollektor) vollständig deckt. Die Lager für die Ankerwelle befinden sich in zwei gusseisernen Bügeln, welche an den Magnetrahmen, an den beiden offenen Seiten desselben, angeschraubt sind. Das Magnetgestell ist mit vier angegossenen Füssen versehen. Mittels dieser wird die Maschine auf einem geeigneten Spannschlitten befestigt. Oben auf dem Gussgestell sind Klemmen isoliert angebracht, welche mit den Bürsten und der Magnetwickelung verbunden sind und an die der äussere Stromkreis angesetzt wird.

---

[1]) Anmerkung. Eine Einteilung der Dynamomaschinen der verschiedenen Firmen nach der Konstruktion des Ankers (ob Gramme-Ring oder Trommel) ist heutzutage nicht mehr angängig, da zahlreiche Fabriken ihre Maschinen, je nach deren Grösse, Umlaufszahl und Bestimmung, bald mit Trommel- bald mit Ringanker versehen. In Deutschland überwiegt z. Z. die Trommel.

Fig. 36 zeigt einen Verticalschnitt durch die Maschine in Richtung der Welle, Fig. 37 eine Seitenansicht. Fig. 38 gibt ein perspektivisches Bild.

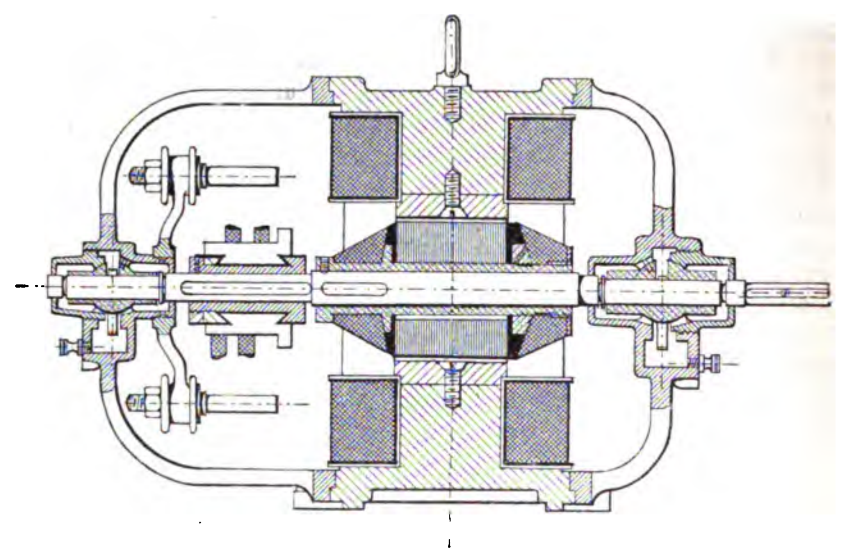


Fig. 36.

Das vierpolige Modell besitzt ebenfalls den in einem Stücke gegossenen Magnetkranz, der hier achteckige Form hat. Dieser ist, ebenso wie die beiden

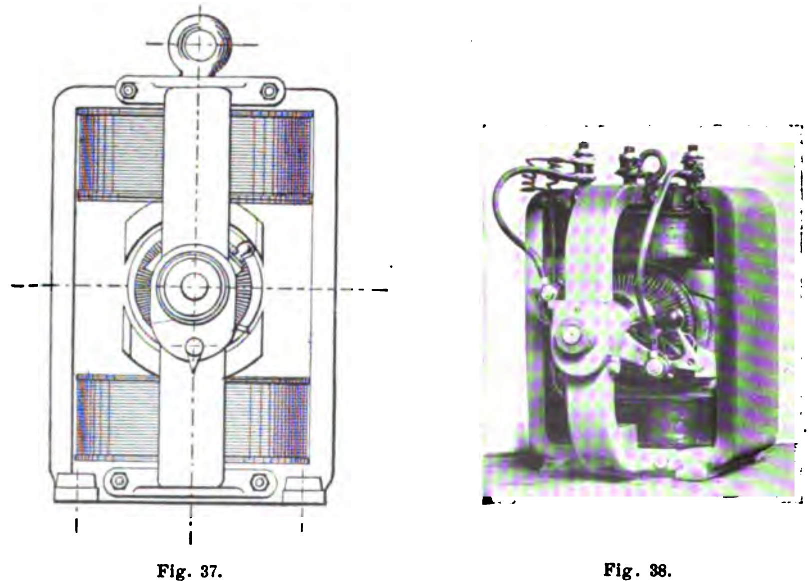


Fig. 37. Fig. 38.

Lagerböcke, auf die gusseiserne Grundplatte aufgeschraubt. Der Strom wird an vier Stellen des Kollektors abgenommen, um die Stromstärke für die einzelne Abnahmestelle und damit die Erhitzung und Funkenbildung zu vermindern. An die Magnetkerne sind, bei den zwei- und den mehrpoligen Typen, Polschuhe angeschraubt, die den Anker ziemlich weit umgeben und an den Enden (in Richtung der Peripherie des Ankers gerechnet) allmählich schwächer werden, damit das Anwachsen und Abnehmen der Kraftliniendichte um den Anker herum möglichst sanft geschehe. Aus dem gleichen Grunde laufen die beiden

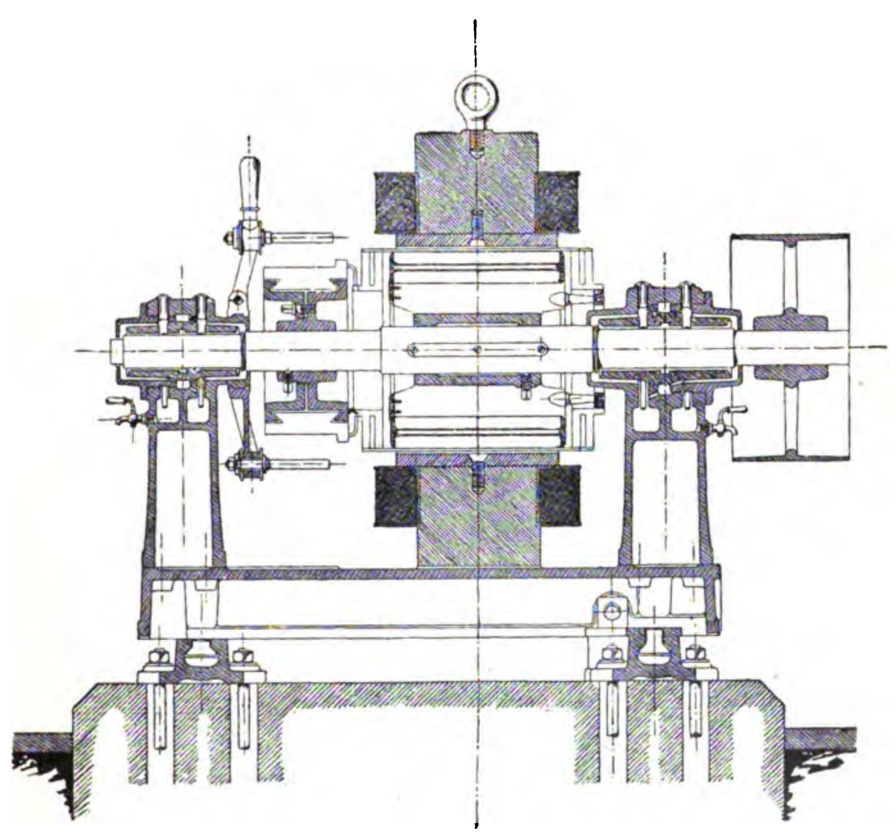


Fig. 39.

Endkanten jedes Polschuhes nicht der Maschinenwelle parallel, sondern etwas schräg gegen dieselbe. Der Innenraum des Ankers ist beiderseits nach aussen offen, sodass das Ankereisen auf der Innenseite eine kräftige Luftkühlung erhält.

Fig. 39 gibt einen Schnitt durch die vierpolige Maschine in Richtung der Welle, Fig. 40 eine Ansicht von der Kollektorseite, Fig. 41 eine perspektivische Gesamtansicht.

Bei den grösseren Typen, vom sechspoligen Modell ab, ist der Magnetrahmen in zwei Gussstücken hergestellt, die je die Hälfte der Pole enthalten und zusammen verschraubt werden. Das ganze Magnetgestell wird auf den gusseisernen Fundamentrahmen geschraubt, mit welchem in diesem Falle die

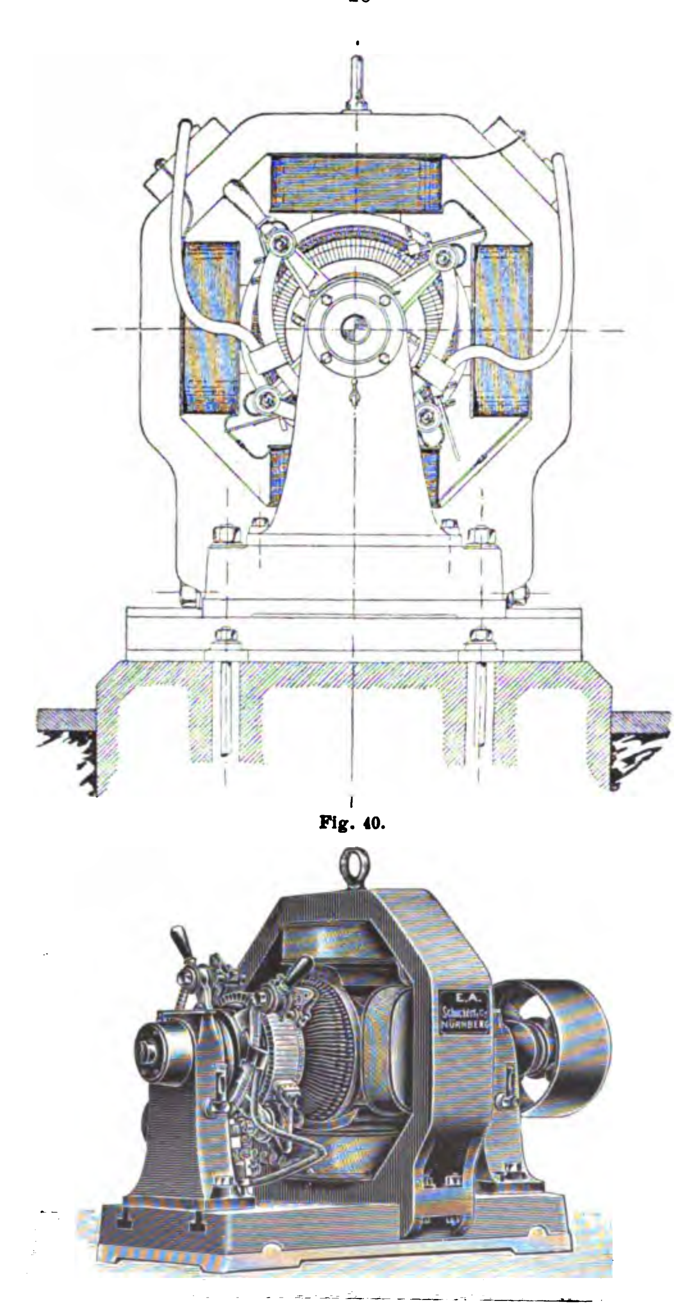


Fig. 40.

Fig. 41.

beiden Lagerböcke ein Stück bilden. In dieser Weise sind die sechs- und achtpoligen Maschinen aufgebaut. Die Zahl der Pole steigt mit zunehmender Modellgrösse, und es sind z. Z. Maschinen mit bis zu 14 Polen in Verwendung.

Sämtliche Dynamomaschinen der genannten Firma besitzen Ringschmierung; die grossen Typen haben stets Trommelanker.

Die folgende Tabelle enthält die bezüglichen Angaben über Leistung, Umdrehungszahl u. s. w. für die vorgenannten Maschinen.

Tabelle 1.

Dynamomaschinen der **Elektricitäts-Aktiengesellschaft** vormals **Schuckert & Co.**

Modell-Bezeichnung	Elektrische Leistung Kilowatt	Spannungsgrenze Volt	Arbeitsverbrauch PS	Tourenzahl in 1 Min.	Gewicht *kg*
A 1/1/2	1,5	600	2,6	1500	155
» 2 1/2	2,6	600	4,3	1450	195
» 4	3,8	600	6,1	1400	240
» 5	5,2	600	8,3	1300	330
» 7	6,8	600	10,8	1250	375
» 9	8,7	600	13,6	1200	460
» 11	11,0	600	17,4	1100	625
» 14	14,0	600	21,5	970	780
» 15	15,0	600	23,0	970	810
» 20	20,0	800	30,0	850	990
» 30	30,0	1000	45,0	800	1450
» 40	40,0	1200	60,5	750	1800
» 55	55,0	1400	82,0	700	2220
» 70	70,0	1600	104,0	600	2820
» 85	85,0	1800	126,5	550	3330
» 100	100,0	2000	149,0	500	4120
» 120	120,0	2000	178,0	450	5000
» 140	140,0	2000	207,0	400	6000

In der vorstehenden Tabelle bedeuten die Angaben unter der Rubrik »Spannungsgrenze« für welche höchste Spannung die betreffenden Maschinen ausgeführt werden können. Die am häufigsten verwendeten Spannungen sind ca. 110, 220 und 440 Volt. Wird eine bestimmte Modellgrösse für höhere Spannungen gebaut, so vermag sie, da die Isolierschichten stärker und infolgedessen die Kupfermengen geringer werden, nicht mehr die volle in der Tabelle angegebene Leistung zu liefern. Mit dieser sinkt allerdings auch der Arbeitsverbrauch, jedoch nicht ganz im gleichen Verhältnis. Dies gilt ganz allgemein, auch für die Maschinen anderer Fabriken.

Die oben näher bezeichneten Dynamomaschinen werden bis zu Spannungen von 700 Volt als Nebenschluss- und Kompoundmaschinen gebaut. Für die gleichen Spannungen können sie und für noch höhere Spannungen (bis 2000 Volt müssen sie als Serienmaschinen ausgeführt werden.

In der Tabelle nicht aufgeführt, aber von der Firma vielfach gebaut, sind grosse Maschinen (mit bis zu 14 Polen) bis zu einer Leistung von 1750 Kilowatt (Arbeitsverbrauch etwa 2500 PS).

23. Zweipolige Dynamomaschine von **Gisbert Kapp**, gebaut von Johnson & Phillipps in Charlton (England).

Die vertikal einander gegenüber stehenden Magnetschenkel sind oben als Polschuhe ausgebildet, zwischen denen der Anker sich dreht (Fig. 42). Sie besitzen rechteckigen Querschnitt und sind an die Grundplatte, die zugleich das verbindende Joch zwischen beiden bildet, festgeschraubt. Mit der Fundamentplatte bilden die Träger für die Lager ein Gussstück; die eigentlichen Lagerböcke sind jedoch erst auf sie aufgeschraubt. Um zu verhindern, dass die Feldmagnete, der magnetischen Anziehung folgend, sich einander und damit dem Anker nähern können, sind sie durch ein auf ihre Oberkante geschraubtes,

etwas gewölbtes und mit Schlitzen versehenes Bronzestück unverrückbar festgehalten. Die Verbindung der Lamellen des Kollektors mit den einzelnen Ankerspulen ist durch sorgfältig verlötete Metallstreifen ausgeführt. Wie die

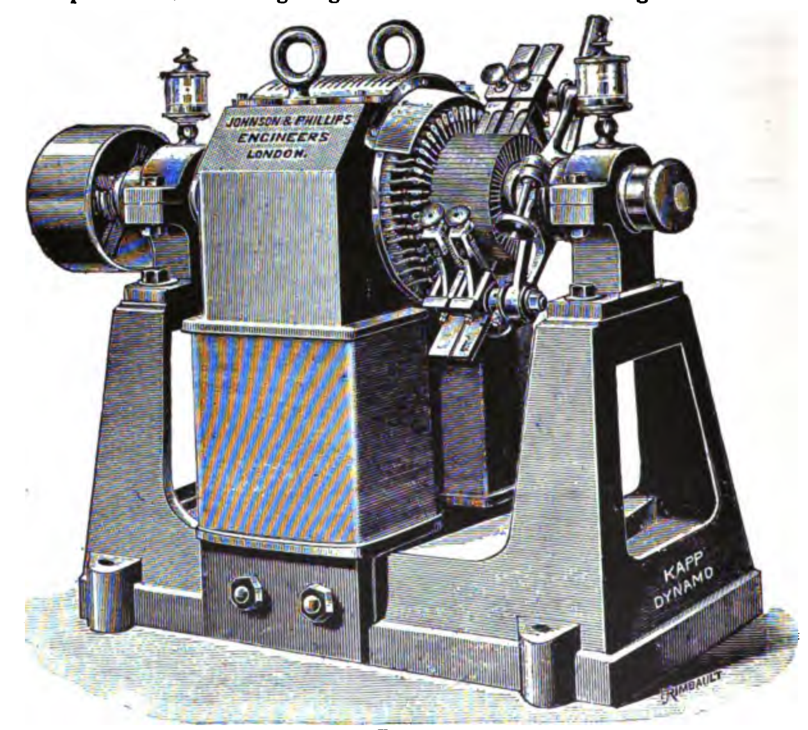


Fig. 42.

beiden Bürstenhalter als Ganzes und in ihnen wiederum die einzelnen Bürsten verschoben werden können, ist aus Fig. 42 deutlich zu ersehen. Einen teilweisen Vertikalschnitt durch Magnetgestell und Anker zeigt Fig. 43. Die zweipolige Kapp'sche Maschine mit Ringwickelung wird als Nebenschluss-, Serien- oder Kompoundmaschine gebaut für Spannungen von 55, 65 oder 105 Volt. Nähere Angaben enthält die folgende Tabelle.

Tabelle 2.

Zweipolige Dynamomaschine von **Kapp**, gebaut von Johnson & Phillipps.

Elektrische Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei Volt 55	65	105	Tourenzahl in 1 Min.	Elektrische Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei Volt 55	65	105	Tourenzahl in 1 Min.
2,75	—	—	28	1100	8,8	—	—	87	800
3,0	54	—	—	1000	9,0	164	—	—	950
3,5	—	54	35	1300	10,0	—	154	—	1100
4,0	73	—	40	1050–1300	12,0	—	—	120	750–1000
4,5	82	—	—	950	13,0	—	200	—	950
5,0	—	77	40	1000–1200	15,0	—	—	150	650–950
5,5	100	—	—	1200	16,0	—	245	—	900
6,0	110	—	—	900	18,0	—	—	180	920
6,5	—	100	65	1200	20,0	—	—	200	550–650
7,0	128	—	—	1100	25,0	—	—	250	500–600
8,5	—	—	85	1100	30,0	—	—	300	550–800

24. Dynamomaschinen von **Siemens & Halske, Aktien-Gesellschaft,** in Charlottenburg.

Die für Riemenantrieb bestimmte, zweipolige Maschine Modell LH besitzt, wie die Maschine von Kapp, aufrecht stehende Feldmagnete, zwischen deren oberen, hörnerartig sich verjüngenden Teilen der zylindrisch ausgedrehte Raum für den Anker sich befindet. Der Eisenquerschnitt der verhältnismässig starken Magnetschenkel ist nach aussen halbkreisförmig gerundet, auf der dem gegenüber stehenden Schenkel zugekehrten Seite eben abgeflacht. Die eigentümlich nach innen gebogene und auch seitlich abgerundete Form der den Anker zu je $^1/_3$ umgreifenden Polansätze ist so gebildet, um Streuung der Kraftlinien nach aussen möglichst zu verhindern. Beide Magnetkerne nebst Polschuhen und

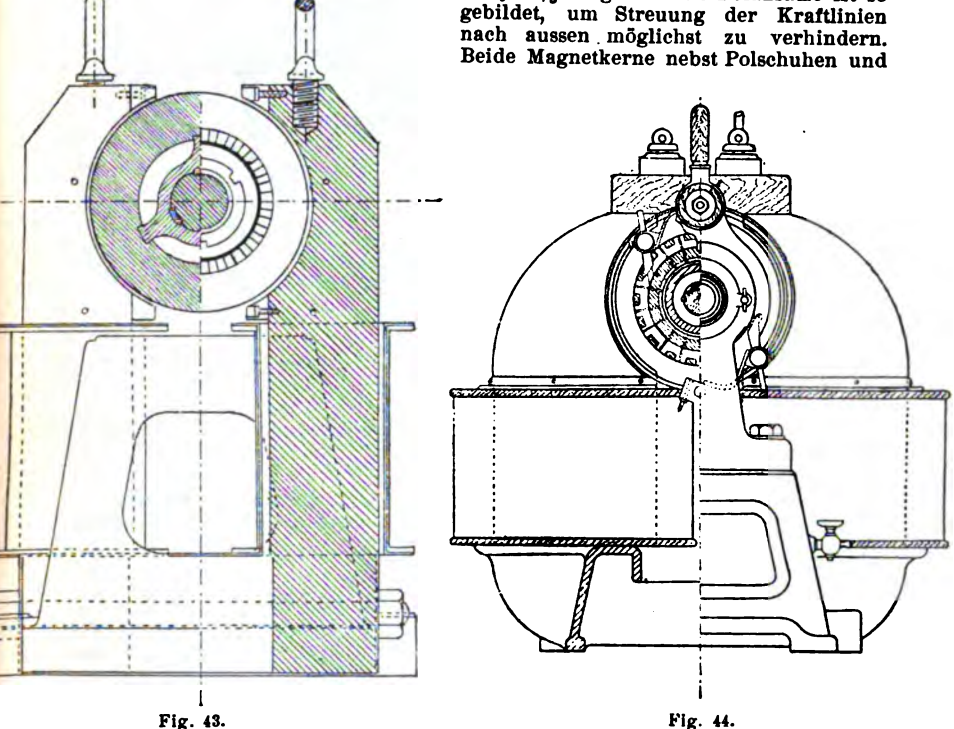


Fig. 43. Fig. 44.

dem sie verbindenden Joche bilden mit dem Gestell der Maschine ein Gussstück. Die oberen Teile der beiden Lagerböcke sind aufgeschraubt.

Fig. 44 zeigt die Maschine im teilweisen Schnitt durch das Magnetgestell, senkrecht zur Welle, Fig. 45 gibt einen Schnitt in Richtung der Welle.

Oben auf den Polschuhen ist ein kleines Holzbrett für die Polklemmen befestigt. Zum Schutze des Ankers, dessen Wickelung in Nuten liegt, die in die Blechscheiben des Eisenkernes eingestanzt sind, ist dieser da, wo er aus den Feldmagneten herausragt, von vielfach gelochten Schutzblechen, die an den Polstücken befestigt sind, umgeben. Die Maschine besitzt seit vielen Jahren Ringschmierung.

Die LH-Maschine wird für Leistungen von 5,5 bis 30 Kilowatt und normal als Nebenschlussmaschine für Spannungen von ca. 65, 110, 220 oder 500 Volt gebaut, kann jedoch auch mit anderer Schaltung und für andere Spannung

ausgeführt werden. Für besondere Zwecke erhält die Maschine noch ein drittes Lager, ausserhalb der Riemenscheibe.

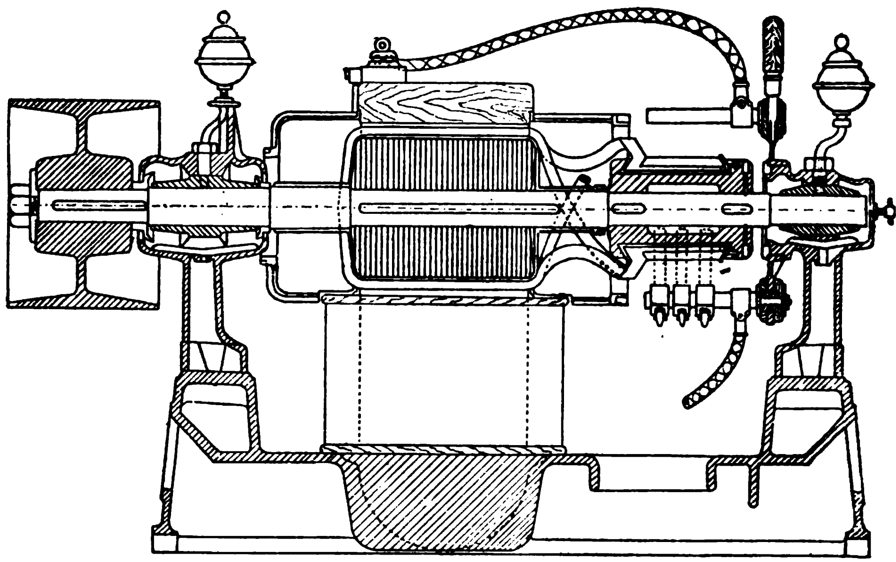


Fig. 45.

Die näheren Angaben über die einzelnen Modellgrössen enthält die folgende Tabelle.

Tabelle 3.

Zweipolige Dynamomaschinen, Modell LH, von **Siemens & Halske.**

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Stromstärke in Amp. bei 65 V	110 V	220 V	Arbeitsverbrauch ca. PS	Touren in 1 Min.	Dimensionen in *mm* Länge	Breite	Höhe	Gewicht *kg*
LH 5	5,5	85	50	25	9,6	1320	950	590	670	440
» 6	9,0	139	82	41	14,9	1300	1070	660	737	620
» 7	13,0	—	118	59	21,0	1050	1285	735	835	920
» 8	20,0	—	182	91	31,6	850	1445	860	910	1350
» 14	30,0	—	273	136	46,4	750	1580	960	1040	2100

Sollen die in vorstehender Tabelle aufgeführten Maschinen für Akkumulatorenbetrieb verwendet werden, so lässt man sie mit einer um 15—20% höheren Tourenzahl laufen und wendet einen grösseren Regulierwiderstand an, um die Spannung nach Erfordernis weit genug vermindern zu können.

Seit wenigen Jahren bauen Siemens & Halske eine neue Aussenpolmaschine, Modell A. Sie wird für kleinere Leistungen zweipolig, für grössere vier- bis zwölfpolig ausgeführt.

Bei dem zweipoligen Modell GA (Fig. 46) stehen die beiden Magnetschenkel einander vertikal gegenüber. Das gusseiserne Magnetgehäuse, sowie der untere Teil der Lagerböcke sind mit der Grundplatte in einem Stücke gegossen. Der in Fig. 47 besonders abgebildete Trommelanker besitzt Nuten für die Aufnahme der Wickelung und radiale Schlitze, durch welche beim Laufen die in der Umgebung der Welle angesaugte Luft durch Wirkung der Zentrifugalkraft hindurchgetrieben und so eine gute Kühlung des Ankers bewirkt wird.

Bei dem vierpoligen Modell GA (Fig. 48) ist das Magnetgehäuse rund und ebenfalls mit der Bodenplatte und dem unteren Teile der Lagerböcke zusammen-

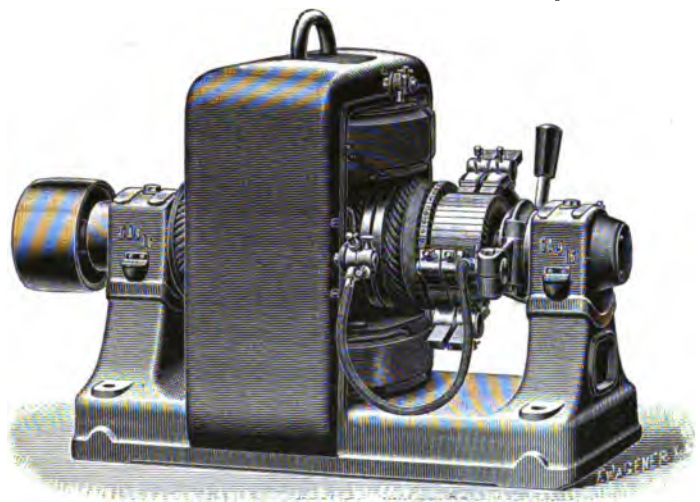


Fig. 46.

gegossen. Die oben gemachten Angaben bezüglich der Konstruktion des Ankers gelten auch hier, nur sitzen die einzelnen Blechringe nicht mehr unmittelbar auf der Welle, sondern werden von einem gusseisernen Ankerstern, der auf die Welle aufgekeilt ist, getragen. Mordey-Schaltung wird nicht angewendet.



Fig. 47.

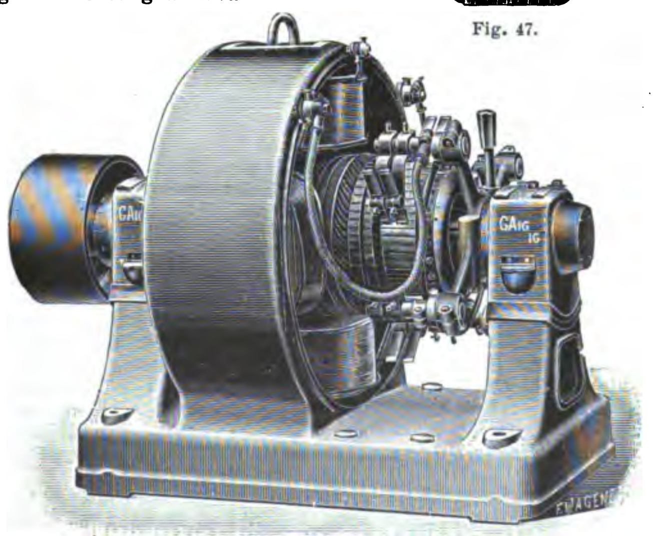


Fig. 48.

Von einer Leistung von 75 Kilowatt ab kommt das sechspolige Modell zur Anwendung. Bei diesem ist das Magnetgestell in zwei Teilen gegossen, von denen der obere mittels starker Flanschen mit dem unteren, der seinerseits mit der Grundplatte ein Stück bildet, verschraubt wird. Auch bei dieser Maschine sind, wenn sie für mittlere Spannungen ausgeführt wird, ebensoviele Stromabnahmestellen vorhanden, als sie Pole besitzt.

Zahlenangaben über die verschiedenen Modellgrössen der GA-Type, bis zur Leistung von 110 Kilowatt, enthält die folgende Tabelle.

Tabelle 4.

Dynamomaschinen, Modell GA, von **Siemens & Halske** für Nebenschluss- oder Hauptstrom-Wickelung.

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Tourenzahl in 1 Min. bei 110 u. 220 V	Tourenzahl in 1 Min. bei 110/150 u. 220/300 V	Arbeitsverbrauch PS	Anzahl der Pole
GA 9	3,5	1340	1680	5,95	2
» 10	5,0	1260	1580	8,4	2
» 11	6,5	1180	1480	10,8	2
» 12	8,0	1100	1380	12,9	2
» 13	11,0	1000	1250	17,6	2
GA 17	14	980	1200	22,1	4
» 18	18	900	1100	28,1	4
» 20	25	770	960	38,7	4
» 22	32	700	880	48,3	4
» 24	45	640	800	68,0	4
» 26	60	580	730	89,7	4
GA 31	75	500	630	112	6
» 33	90	460	580	135	6
» 36	110	425	530	163	6

Bei Ausführung der Maschinen für Spannungen von 400 bis 500 Volt verringert sich die Leistung etwas.

25. Dynamomaschinen der **Deutschen Elektricitätswerke Garbe, Lahmeyer & Co., A.-G.,** in Aachen.

Diese Firma verwendet schon für kleine Leistungen, von $^1/_2$ Kilowatt ab, eine vierpolige Type, Modell V. Bis zu 16 Kilowatt wird sie in der Form ausgeführt, von welcher Fig. 49 eine perspektivische Abbildung, Fig. 50 die Ansicht der Stirnseite, Fig. 51 einen Vertikalschnitt in Richtung der Welle gibt. Das Gehäuse, mit den Polkernen und den Füssen in einem Stücke aus Stahl gegossen, trägt auf beiden Seiten je ein angeschraubtes Lagerschild mit langem Lager. Die Lager sind mit der Bohrung des Magnetgehäuses zentriert. Die besonders angesetzten Polschuhe sind bei den kleineren Typen aus Blechen zusammengesetzt, bei den grösseren massiv. Die Ankerbleche, durch Papier voneinander isoliert, sind 0,5 *mm* stark, unmittelbar auf die Welle aufgesetzt und mit kräftigen Endscheiben versehen. Sowohl senkrecht zur Achse als in Richtung derselben ist das Blechpacket von Ventilationskanälen durchsetzt. Die über Schablonen geformte oder aber aus Kupferstäben bestehende Wickelung des Trommelankers liegt in Nuten. Der Kollektor besitzt relativ grossen Durchmesser und vier Stromabnahmestellen, auf welchen Kohlenbürsten schleifen.

Von 22 Kilowatt Leistung ab erhält die Maschine zwei auf die Grundplatte aufgeschraubte Lagerböcke. Diese Type ist in Fig. 52 in zwei einfachen Ansichten abgebildet. Bei den grösseren Modellen besitzt der Anker an beiden Stirnseiten noch eine Tragvorrichtung für die Verbindungsteile der Wickelung.

Die Maschine wird von den kleinsten Leistungen ab für die Normalspannungen 110, 220, 440 und 550 Volt,[1]) sowie für Akkumulatorenbetrieb für veränderliche Spannung: 110—150, 220—300 und 440—600 Volt gebaut. Sie wird ausserdem auch mit zwei Kollektoren als sogen. Dreileitermaschine für 2×110 od. 2×220 Volt ausgeführt.

Die folgende Tabelle 5 enthält Zahlenangaben über die normalen Typen. Die gleichen Maschinengrössen werden aber auch für geringere Tourenzahlen, in verschiedenen Abstufungen, bis zu $^1/_5$, ja $^1/_6$ der angegebenen herab, für entsprechend geringere Leistungen geliefert. Die in Tabelle 5 angegebenen Leistungen gelten für Spannungen von 110 und 220 Volt. Bei 440 und 550 Volt ist die Leistung um 15—20% geringer.

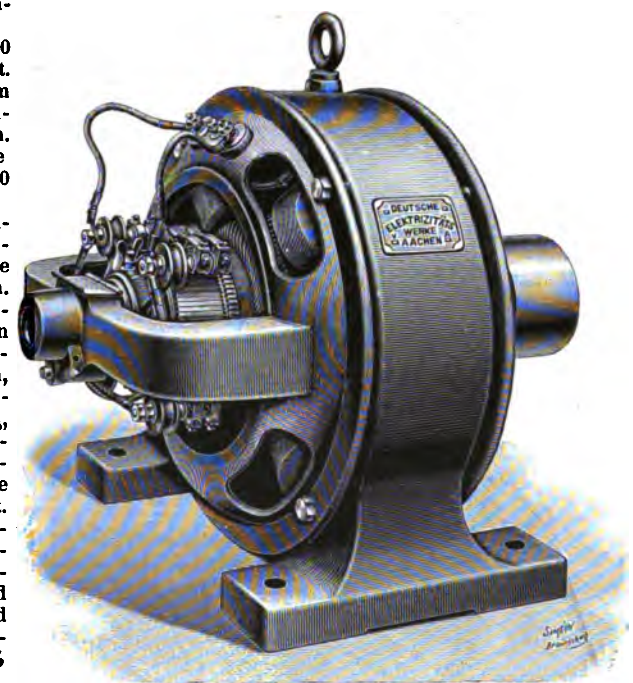
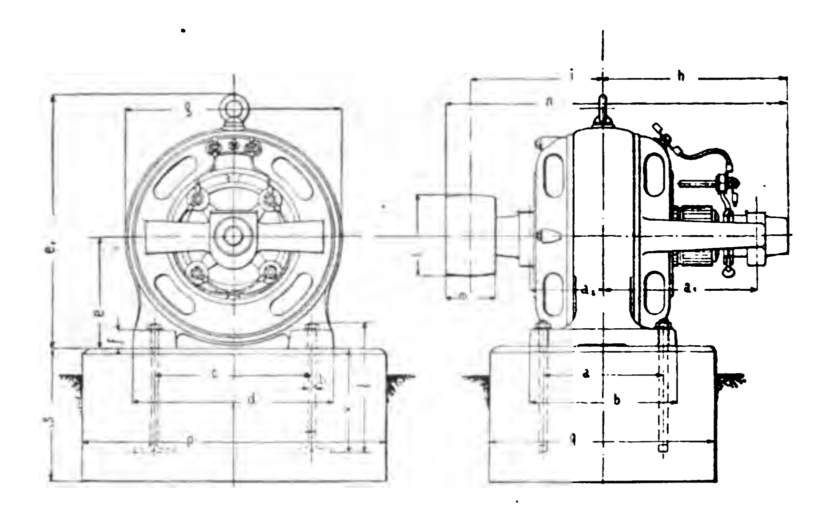


Fig. 49.

Tabelle 5. Vierpolige Dynamomaschinen der **Deutschen Elektricitätswerke Garbe, Lahmeyer & Co.** zu Aachen.

Modell	Elektr. Leistung Kilowatt	Touren p. Min. ca.	Stromstärke in Amp. bei				Arbeitsverbrauch ca. PS bei		Gewicht
			110 V	220 V	440 V	550 V	110—220 V	440—550 V	*kg*
V 17	1,7	1750	15,5	7,8	3,0	2,5	3,0	2,5	95
» 25	2,5	1660	23,0	11,5	4,5	3,6	4,4	3,6	120
» 32	3,2	1580	29	14,5	5,8	4,6	5,4	4,5	140
» 40	4,0	1500	36	18,0	7,2	5,8	6,8	5,7	170
» 60	6	1400	54	27	11,0	8,6	9,8	8,3	235
» 80	8	1260	72	36	14,5	11,5	13,0	10,5	280
» 100	10	1200	91	46	18,0	14,5	16	13,5	350
» 120	12	1100	110	54	22	17,5	19	15,8	400
» 160	16	980	145	72	29	23,0	25	21	500
» 200	22	900	200	100	40	33	34	28	850
» 250	28	850	255	125	50	40	43	35	1000
» 320	35	800	320	160	66	52	53	45	1300
» 400	44	750	400	200	82	66	66	56	1700
» 500	55	700	500	250	100	82	83	68	2000
» 600	66	650	600	300	125	98	99	84	2700
» 750	82	600	745	375	155	124	124	105	3100

[1]) Die Spannungen 120 und 125, 240 und 250, 480 und 500 Volt werden durch Erhöhung der Tourenzahl erreicht.



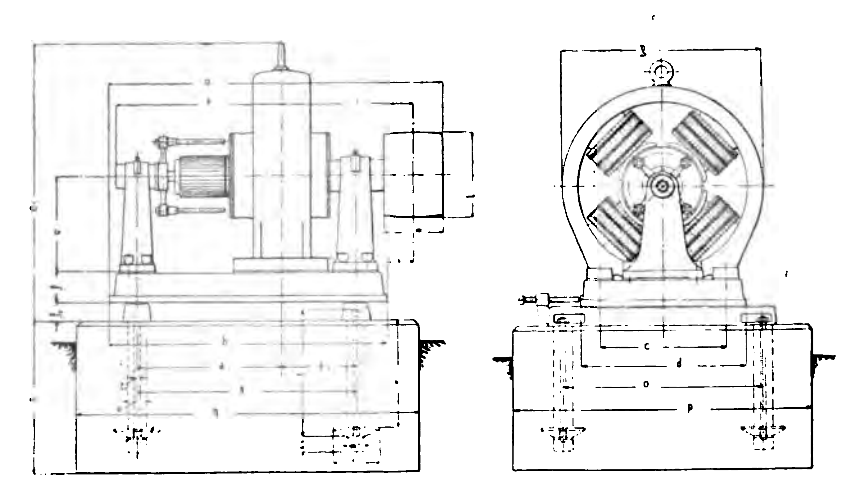
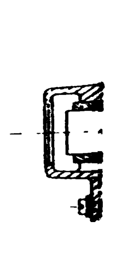


Fig. 52.



Für Leistungen von 75—400 Kilowatt baut die Firma ein 8poliges Modell (Type AP) in 10 Abstufungen. Die Tourenzahlen liegen zwischen 550 und 250 p. Minute. Das in Stahlguss ausgeführte Magnetgestell ist horizontal geteilt und, ebenso wie die Lagerböcke, auf die gusseiserne Grundplatte geschraubt. Jenseits der Riemscheibe befindet sich noch ein Aussenlager, das bei Ausführung der Maschine für direkte Kupplung wegfällt. Der aktive Eisenblechring des Ankers sitzt bei dieser Maschine nicht mehr unmittelbar auf der Welle auf, sondern wird von einem auf die letztere aufgekeilten gusseisernen Ankerstern getragen.



Fig. 53.

26. Dynamomaschinen der **Elektricitäts - Aktien - Gesellschaft, vormals W. Lahmeyer & Co.** in Frankfurt a. M.

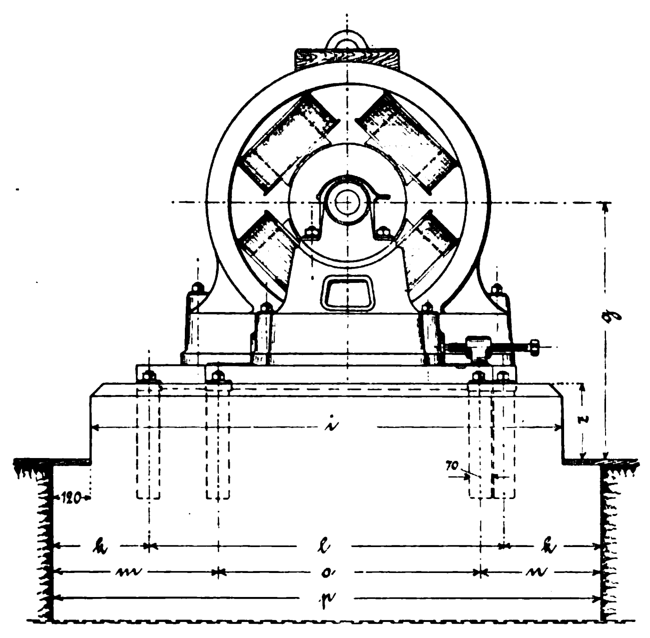


Fig. 54.

Das zweipolige Modell (GA) hat ungefähr dieselbe magnetische Disposition wie dasjenige von Schuckert & Co., jedoch mit Ventilationsschlitzen im Magnetrahmen.

Bei der vierpoligen Type (GB) hat das Magnetgehäuse runde Form. Seine untere Hälfte bildet mit der Grundplatte und dem unteren Teile der Lagerböcke ein Gussstück. Der Anker besitzt gewöhnlich Mordey-Schaltung und Kohlebürsten. Fig. 53 gibt eine perspektivische Abbildung dieser Maschine, Fig. 54 die Seitenansicht nebst Gleitschienen und Fundament.

Für Leistungen von 75 Kilowatt ab ist das Modell GC bestimmt, welches je nach Grösse sechs oder mehr Pole besitzt. Dieses erhält für jeden Pol eine



Fig. 55.

Stromabnahmestelle und ausserhalb der Riemscheibe noch ein drittes Lager. Auch bei dieser Type ist der runde Magnetkranz horizontal geteilt.

Die Magnetgestelle der Frankfurter Lahmeyer-Firma bestehen gewöhnlich aus Gusseisen. Für besondere Zwecke werden sie jedoch auch aus weichem



Fig. 56.

Stahl gegossen und in diesem Falle auf die gusseiserne Grundplatte aufgeschraubt. Die Anker sind durchweg Nutenanker mit Trommelwickelung. Jede Ankerspule, gleichviel, ob aus Stäben oder aus einem Bündel von Drähten bestehend, wird auf Schablonen geformt und in einem Stücke hergestellt, sodass sie also keine Lötstellen enthält. Fig. 55 zeigt einen Anker für das vierpolige, Fig. 56 einen solchen für das sechspolige Modell. Bei diesen sind die Leiterververbindungen auf der vom Kollektor abgewendeten Seite in der schon unter **21** beschriebenen Weise ausgeführt, wodurch eine gute Kühlung, gleiche Länge und leichte Auswechselbarkeit aller Windungen erreicht wird.

Die folgende Tabelle enthält Zahlenangaben über die einzelnen Modellgrössen aller drei Typen.

Tabelle 6.
Zweipolige (Modell GA),
vierpolige (Modell GB) und sechspolige (Modell GC) Dynamomaschinen der
Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft, vormals W. Lahmeyer & Co.

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 65 V	110 V	220 V	Arbeitsverbrauch ca. PS	Touren in 1 Min. ca.	Gewicht *kg*
GA 0	2	31	18	9	3,5	1700	265
» I	4	62	36	18	6,6	1500	385
» II	6	92	55	27	9,8	1400	615
» III	8	123	72	36	12,8	1300	730
» IV	10	154	90	45	15,8	1250	975
» V	13,5	208	122	61	21,8	1200	1150
GB 0	15	230	135	68	23,5	900	1065
» I	20	310	180	90	31,0	800	1500
» II	30	460	272	136	46,0	700	1900
» III	42	650	380	190	63	600	2600
» IV	55	—	500	250	82	550	3600
GC 0	75	—	680	340	112	525	4400
» I	100	—	910	455	148	500	5500
» II	125	—	1140	570	185	400	6100
» III	160	—	1450	725	237	375	7500

Für Akkumulatorenbetrieb werden die Typen GA und GB auch so ausgeführt, dass für die Ladung die Spannung von 65—90, bezw. von 110—150, bezw. von 220—300 Volt gesteigert werden kann. Die Tourenzahl der einzelnen Modellgrössen ist in diesem Fall etwas höher. Von GA I werden sämtliche Grössen auch für 500 Volt gebaut.

Ausser den oben genannten führt die Firma noch grössere Gleichstrommaschinen aus, bis zu Leistungen von über 1000 Kilowatt.

27. Dynamomaschinen der **Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft,** Berlin. Diese Maschinen sind konstruiert von M. v. Dolivo-Dobrowolsky. Die zweipolige Type (Modell NG) besitzt kurze, horizontal stehende Magnetschenkel von rechteckigem Querschnitt, welche das Jochstück doppelt, oberhalb und unterhalb verbindet. Es ist, wie bei der alten Lahmeyer-Maschine, als ein vollständiger viereckiger Rahmen ausgebildet. Doch ist es nicht breiter als die Polstücke, sodass die Magnetspulen beiderseits herausragen (Fig. 57). Das Magnetgehäuse bildet mit dem Gestell der Maschine ein einziges Gusseisenstück.

Bei dem vierpoligen Modell SG (Fig. 58) hat das Magnetgehäuse kreisförmige Gestalt, ist gewöhnlich aus weichem Stahl (Flusseisen) gegossen und auf die gusseiserne Grundplatte, ebenso wie die Lagerböcke, aufgeschraubt. Die Magnetschenkel sind mit breiten Polschuhen versehen, welche sich an ihren Enden verjüngen und zusammen den Anker zu ca. $^7/_8$ umgreifen, wie aus der schematischen Seitenansicht Fig. 59 zu erkennen ist. Diese Anordnung hat den Zweck, die Funkenbildung am Kollektor zu vermeiden, indem sie bewirkt, dass die Grenze des magnetischen Feldes weniger scharf wird, oder, was dasselbe bedeutet, dass der Uebergang eines Ankerdrahtes aus der neutralen Zone in ein starkes magnetisches Feld weniger plötzlich erfolgt, als es ohne das genannte Hülfsmittel, bei der geringen Sättigung des Ankereisens, der Fall sein würde. Durch die Anwendung der breiten, in dünne Lappen auslaufenden Verlängerungen der Schenkel vollzieht sich der Polwechsel allmählich, sodass die Bürsten leicht ganz funkenlos eingestellt werden können.

Der aus Eisenblechringen gebildete Ankerkern sitzt auf einer gusseisernen durchlöcherten Hohltrommel, die durch angegossene Speichen und eine Nabe

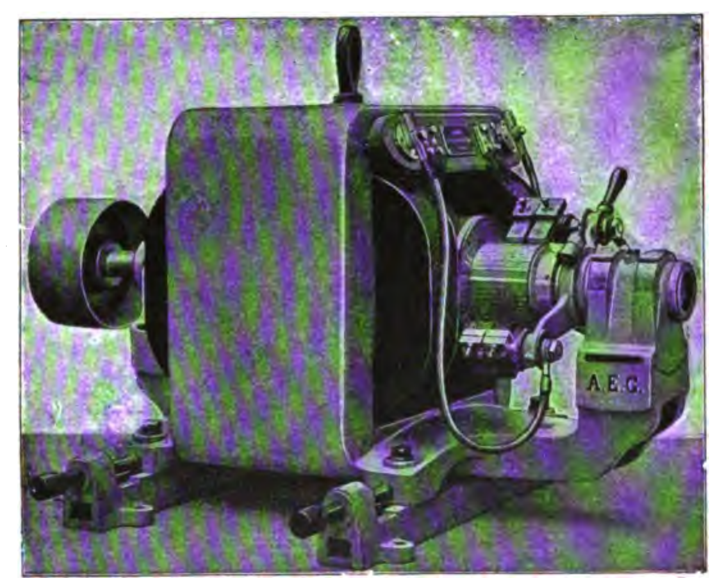


Fig. 57.

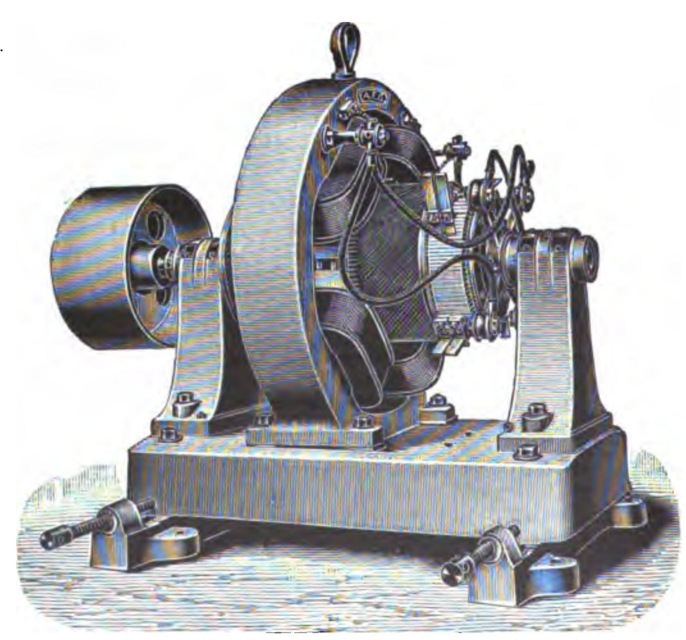


Fig. 58.

mit der Welle fest verbunden ist. Die Speichen sind so geformt, dass sie bei Drehung des Ankers wie die Flügel eines Ventilators wirken und Luft in's Innere des Ankers saugen. Diese kommt durch die Oeffnungen im Mantel der Gusstrommel unmittelbar mit dem Blechkern in Berührung und kühlt ihn kräftig. Ein schädliches Eindringen der Kraftlinien in die erwähnte gusseiserne

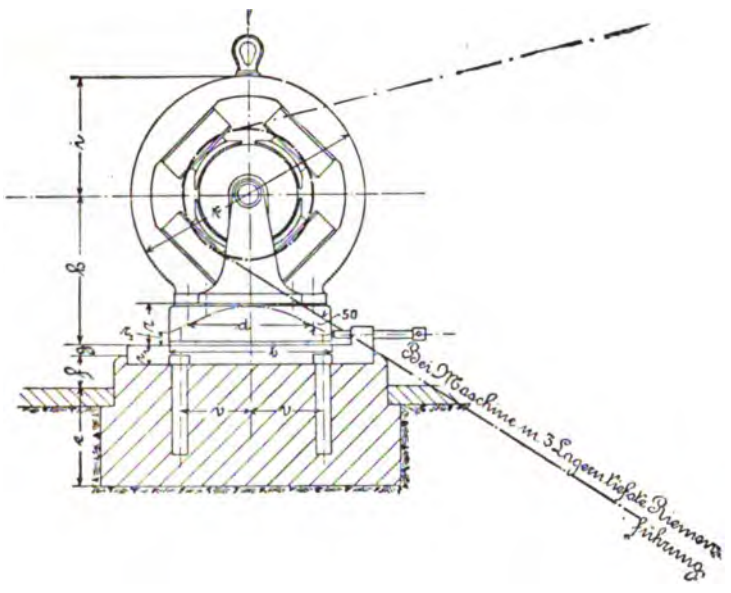


Fig. 59.

Trommel ist durch die in deren Mantel befindlichen grossen Oeffnungen, sowie durch die nur geringe magnetische Sättigung des Eisenblechkernes möglichst verhindert.



Fig. 60.

Die »Allg. Elektr.-Gesellschaft« verwendet meist glatte Anker, auf deren Oberfläche die Wickelung aufgelegt ist, seltener Nutenanker. Die Wickelung ist meist Trommelwickelung. Bei allen nicht ganz kleinen Maschinen für mässige Spannung besteht die Wickelung aus 1 höchstens 2 Lagen rechteckigen Drahtes und die sich kreuzenden Verbindungen der Leiter an den Stirnflächen sind in der schon unter **21** beschriebenen Weise ausgeführt. Fig. 60 zeigt einen derartigen Anker für das vierpolige Modell SG.

Die grösseren Typen des SG Modelles (von SG 500 ab) besitzen 6, die grössten 8 bezw. 10 Pole und 3 Lager. Noch grössere Maschinen, für bis 1000 Kilowatt und darüber (Mod. F) werden für direkte Kupplung mit Dampfmaschinen und entsprechend langsamen Umlaufszahl ausgeführt.

Eine dritte Maschinenform (Modell S und NS) zeigt den Typus der Kapp-schen Maschine. Ihre Bauart ist aus Fig. 61 ohne weiteres verständlich. Die Magnetkerne bilden mit dem Gestell ein Gussstück. Diese Type ist nur für kleine Leistungen (bis etwa 10 Kilowatt) bestimmt und besitzt als Anker einen Gramme-Ring, aber keine Polschuhe. Ihre magnetische Disposition ist derart,

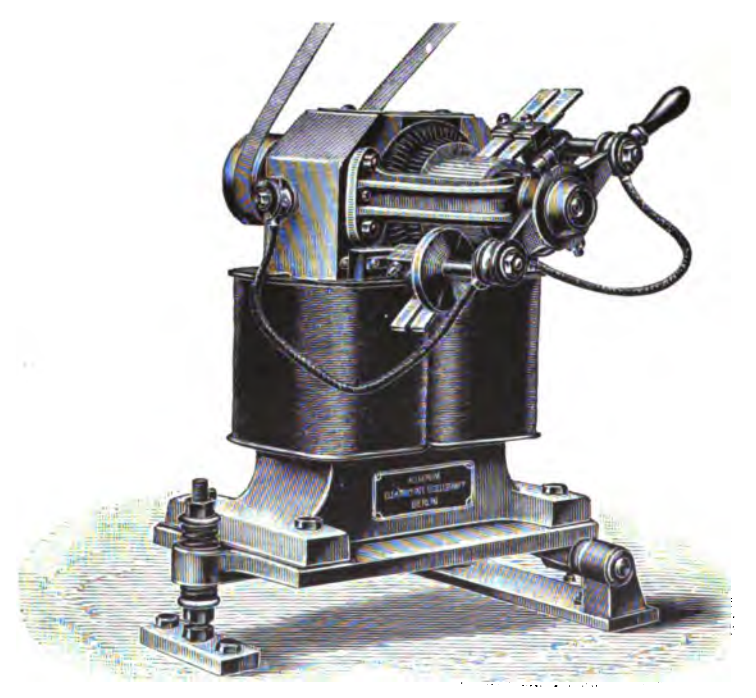


Fig. 61.

dass sie bei Aenderungen der Belastung, selbst von leer auf voll, keine Verstellung der Bürsten erfordert.

Sämtliche Maschinen sind mit Ringschmierung versehen. Sie werden meistens als Nebenschlussmaschinen eingerichtet.

Die folgenden Tabellen enthalten Zahlen-Angaben über die verschiedenen Typen und Modellgrössen.

Sollen die Maschinen für Akkumulatorenbetrieb benutzt werden, so wird deren Wickelung so bemessen, dass bei entsprechend gesteigerter Tourenzahl die Klemmenspannung, ohne Schaden für die Maschine, dauernd auf einem bis zu 40% höheren Betrage erhalten werden kann, also auf 90 Volt bei einer Normalspannung von 65 Volt, auf 150 Volt bei der 110 Volt-Maschine (vergl. hierüber den Abschnitt über Akkumulatoren). Die Maschinen Modell S und NS werden auch für 440 Volt gebaut, die NG-Modelle von NG 75 ab auch für 440 und 500 Volt.

Tabelle 7.

Zweipolige Dynamomaschinen (Modell NG, S und NS) der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft.**

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung ca. Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 65 V	110 V	220 V	Arbeits-verbrauch ca. PS	Touren-zahl in 1 Min. ca.	Gewicht *kg*
NG 15	1,65	25	15	7,5	3,0	1650	230
» 25	3,30	50	30	15	5,5	1400	400
» 50	6,60	100	60	30	10,5	1300	560
» 75	8,25	125	75	37,5	13,0	1000	785
» 100	11,00	180	100	50	17,5	950	1075
» 125	13,7	—	125	62,5	21,5	930	1400
S 20	2,2	34	20	10	3,8	1550	250
» 30	3,3	50	30	15	5,5	1350	300
» 50	5,5	85	50	25	9,0	1150	435
» 100	8,8	135	80	40	14,0	1075	710
NS 20	2,86	—	26	13	5,0	1700	250
» 30	5,50	—	50	25	9,0	1550	300
» 50	7,0	—	64	32	11,0	1480	450
» 100	10,5	—	95	48	17,5	1360	710

Tabelle 8.

Vier- und mehrpolige Dynamomaschinen (Modell SG) der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft.**

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung ca. Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 120 V	240 V	500 V	Arbeits-verbrauch ca. PS	Touren in 1 Min. ca.	Gewicht *kg*
SG 150	18	150	75	32	28	900	1000
» 200	27	225	112	50	42	850	1390
» 300	36	300	150	72	55	700	1760
» 400	48	400	200	96	74	660	2500
» 500	60	500	250	120	91	630	2560
» 600	72	600	300	144	108	530	3200
» 700	84	700	350	168	126	470	3600
» 800	100	835	415	200	150	350	5100
» 1000	120	1000	500	240	180	300	7600
» 1250	150	1250	625	300	220	250	8640

Auch die SG-Maschinen können für Akkumulatorenbetrieb so eingerichtet werden, dass sich die Spannung zum Laden entsprechend steigern lässt, wenn man zugleich die Umdrehungszahl etwas erhöht.

Endlich werden die Maschinen der Modelle NG, S, NS und SG zum Zwecke der direkten Kupplung auch für langsame Tourenzahl geliefert. In diesem Falle gibt jede der obigen Modellgrössen eine wesentlich geringere elektrische Leistung. Die Möglichkeit der Steigerung der Spannung zum Zwecke der Ladung von Akkumulatoren, bei etwas erhöhter Tourenzahl, bleibt bestehen. Die Gewichte sind die nämlichen wie (bei der gleichen Modellbezeichnung) in den früheren Tabellen.

Tabelle 9.

Langsam laufende Dynamomaschinen der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft.**

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung ca. Watt bei			Stromstärke in Ampère bei			Arbeitsverbrauch	Touren in 1 Min. bei		
	65 V	110 bis 120 V	220 bis 240 V	65 V	110 bis 120 V	220 bis 240 V	ca. PS	65 V	110 bis 120 V	220 bis 240 V
NG 15	975	880	—	15	8	—	1,6— 1,8	930	825	—
» 25	1950	1650	—	30	15	—	2,8— 3,3	810	650	—
» 50	3900	3300	—	60	30	—	5,3— 6,2	750	650	—
» 75	4875	4070	3300	75	37	15	5,5— 7,5	580	500	520
» 100	6500	5500	4400	100	50	20	7,5—10,5	530	475	490
» 125	8125	6710	6800	125	61	31	10,5—13,5	530	480	490
S 20	1300	1100	—	20	10	—	2,0— 2,3	920	775	—
» 30	1950	1760	—	30	16	—	3,0— 3,3	775	660	—
» 50	3250	2750	—	50	25	—	4,2— 5,4	680	670	—
» 100	5200	4400	—	80	40	—	5,0— 8,5	590	520	—
SG 150	9750	9000	7700	150	75	32	13—16,5	465	470	530
» 200	14625	13440	12000	225	112	50	20—23,5	450	440	500
» 300	19500	18000	18000	300	150	75	29—31	370	350	375
» 400	26000	24000	24000	400	200	100	38—42	360	355	360
» 500	32500	30000	30000	500	250	125	47—50	335	340	320
» 600	39000	36000	36000	600	300	150	55—61	275	270	260
» 1000	—	96000	84000	—	700	400	127—145	—	200	175

28. Dynamomaschinen des **»Helios«**, Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft in Köln-Ehrenfeld.

Die vierpolige Maschine, Modell MPD, besitzt ein rundes Magnetgehäuse aus Gusseisen, das in horizontaler Richtung in der Mitte geteilt ist. Der untere Teil ist mit der Grundplatte und den beiden Lagerböcken in einem Stücke gegossen. Die Polstücke bestehen aus weichem Stahl und sind je durch eine starke Schraube innerhalb des Magnetrahmens befestigt und durch eine vorspringende Rippe, die sich in eine Nut des Rahmens einlegt, gegen Verdrehen gesichert. Sie besitzen da, wo sie den Anker umgreifen, in Richtung von dessen Peripherie kurze, lappenförmige Fortsätze. Fig. 62 gibt zwei Ansichtzeichnungen der Maschine, nebst Gleitschienen und Fundamentankern, Fig. 63 eine photographische Abbildung. Es sei noch bemerkt, dass bei der kleinsten vierpoligen Type (MPD 11) das Magnetgestell samt den vier Fussteilen der Maschine in einem Stücke aus Stahl gegossen wird. Die Lager werden von zwei runden, durchbrochenen Schildern aus Gusseisen getragen, die man auf die beiden Seiten des Magnetrahmens schraubt.

Der Trommelanker (Fig. 64) besitzt zahlreiche tiefe und schmale Nuten, in welche, nachdem sie mit geeigneter Isoliersubstanz ausgekleidet sind, die auf Schablonen geformten Wickelungsspulen eingelegt werden. Von einer Leistung von 44 Kilowatt an besteht die Wickelung aus Stabkupfer. Die Kollektoren erhalten durchweg Kohlebürsten. Nach Angabe der Firma brauchen diese, infolge günstiger magnetischer Disposition, von Leergang bis zu voller Belastung nicht verstellt zu werden.

Von einer Leistung von 66 Kilowatt ab erhält das MPD-Modell 6 Pole, von 130 Kilowatt ab 8 oder mehr Pole. Von der sechspoligen Type ab bildet der Magnetrahmen (in welchen die stählernen Polstücke nach wie vor eingeschraubt werden) einen aus zwei Hälften bestehender Teil für sich und wird, ebenso wie die Lagerböcke mittels Schrauben auf der Grundplatte befestigt. Die grösseren Modelle haben die Einrichtung, dass alle Bürsten durch

Drehen einer Schraubenspindel gemeinsam verstellt werden können. Mordey-Schaltung wendet die Firma »Helios« für gewöhnlich nicht an.

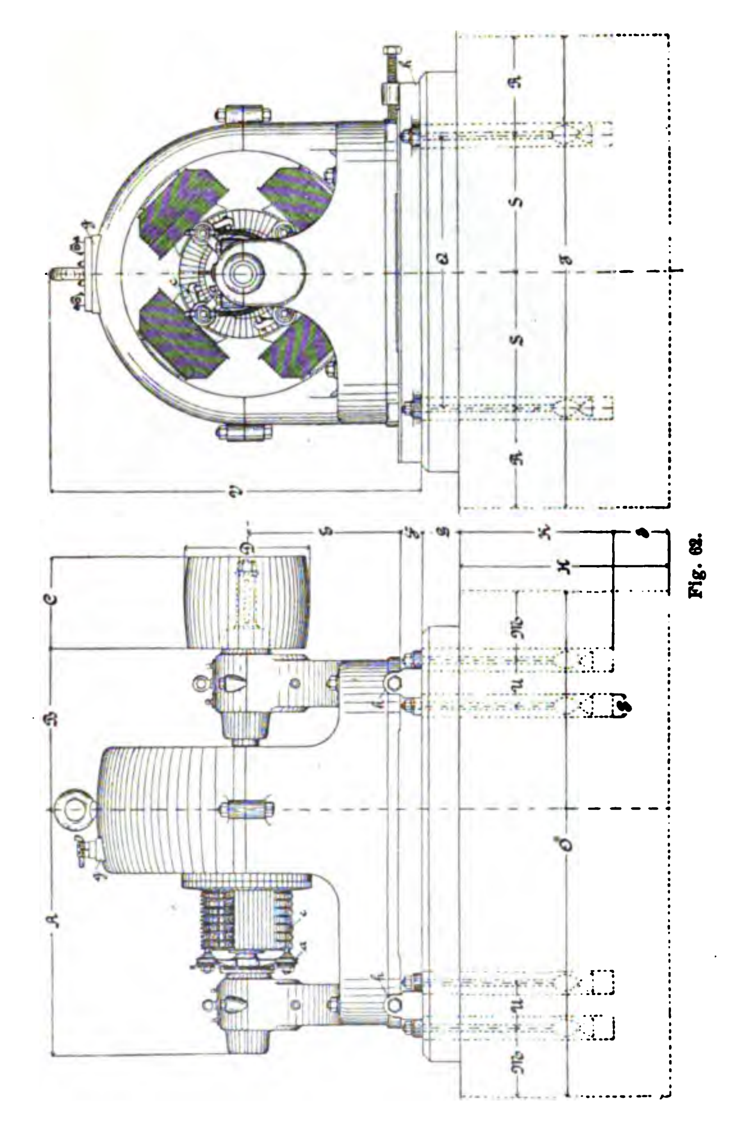


Fig. 62.

Zur direkten Kupplung mit Dampfmaschinen werden Maschinen mit bis zu 18 Polen und für Leistungen bis 1000 Kilowatt gebaut.

Für ganz kleine Leistungen (von 0,5 bis höchstens 14 Kilowatt) dient das zweipolige Modell G. Dieses stimmt, wie Fig. 65 zeigt, in seiner Bauart mit

den in den vorigen Abschnitten beschriebenen zweipoligen Typen mehrerer anderer Firmen überein, bis auf die in den senkrechten Jochstücken angebrachten Schlitze, welche der von dem bewegten Anker ausgehenden Luft einen leichten Austritt gestatten und dadurch die Kühlung der Maschine befördern.

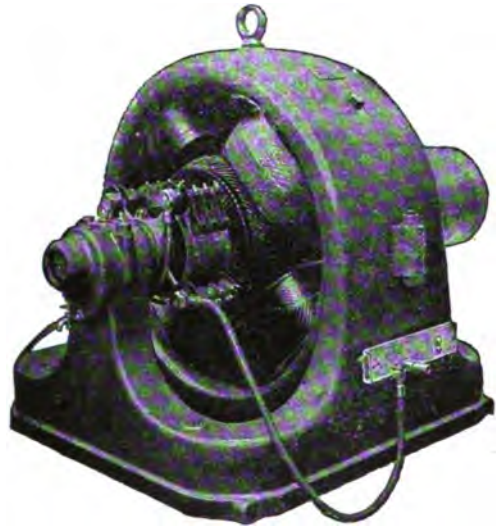


Fig. 63.

Die G-Maschinen werden bis einschliesslich G 8,5 auch für 65 Volt gebaut.



Fig. 64.

Zum Akkumulatorenbetrieb können alle Typen bis einschliesslich MPD 88 bei entsprechend erhöhter Tourenzahl auch für Erhöhung der Spannung von 110 auf 150, bezw. von 220 auf 300 Volt eingerichtet werden.

Die G-Modelle werden auch »langsam laufend« geliefert. Jede Grösse liefert dann, bei etwa der Hälfte der oben angegebenen Tourenzahlen, die halbe Leistung.

Tabelle 10.

Dynamomaschinen der Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft »Helios«.

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 110 V	220 V	500 V	Arbeitsverbrauch ca. PS	Touren in 1 Min.	Gewicht kg
G 3	3,0	27	14	5,6	5,0	1550	340
» 4	4,0	36	18	7,4	6,6	1450	395
» 5	5,0	46	23	9,5	8,2	1380	470
» 6,6	6,6	60	30	13,0	10,6	1300	675
» 8,5	8,5	77	39	17	13,4	1250	790
» 11	11,0	100	50	22	17,2	1100	1050
» 14	14,0	127	64	28	21,6	950	1400
MPD 11	11,0	100	50	—	17,0	950	650
» 16,5	16,5	150	75	33	25,0	900	1270
» 22	22,0	200	100	44	33,0	900	1600
» 33	33	300	150	66	49,5	750	2600
» 44	44	400	200	88	66,0	670	3600
» 66	66	600	300	132	99	540	5000
» 88	88	800	400	176	132	400	7600
» 110	110	1000	500	220	164	350	8450
» 130	130	1183	591	260	194	300	10400
	und so fort. Die grösste normale Type ist:						
» 1000	1000	9100	4550	2000	1445	100	40000

29. Dynamomaschinen der **Aktiengesellschaft Elektricitätswerke, vorm. O. L. Kummer & Co.** in Dresden.

Fig. 66 zeigt die zweipolige Maschine (Type Lambda N) in zwei Schnitten. Das Eisengestell besteht aus zwei Hälften, welche durch eine horizontale Fuge getrennt und deren mit Flanschen versehene Trennungsflächen durch Schrauben zusammengepresst sind, wie die perspektivische Abbildung Fig. 67 erkennen lässt. Jede der beiden Hälften enthält zwei mitangegossene Polstücke, welche jedoch gleiche Polarität besitzen. Die beiden Magnetspulen und der Anker können nur so in das Gestell eingesetzt oder herausgenommen werden, dass man dessen obere Hälfte abhebt, wie aus den Schnittfiguren deutlich hervorgeht. Das



Fig. 65.

Eisengestell besitzt beiderseits, da wo die Welle aus- und eintritt, angegossene Flanschen, welche den Innenraum zum Teil verdecken, sodass die Magnetspulen gar nicht und der Anker nur zum Teil zu sehen ist. Die Lagerböcke

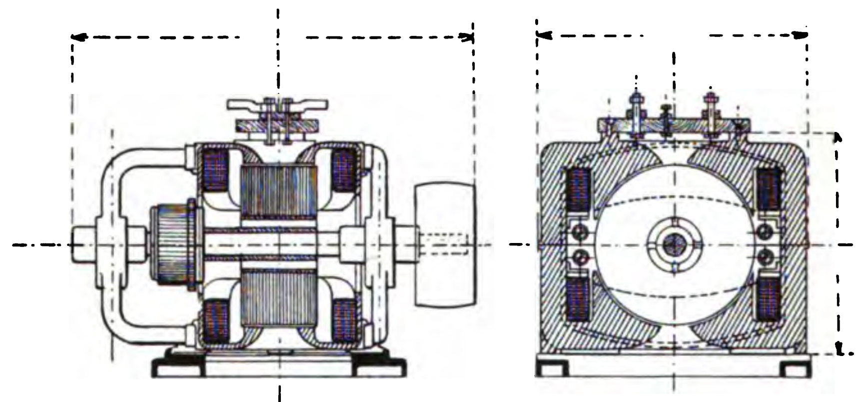


Fig. 66.

sind an den Maschinenrahmen beiderseits angeschraubt. Der Spannschlitten, auf welchen die Maschine aufgesetzt wird, bildet ein einziges Gussstück.

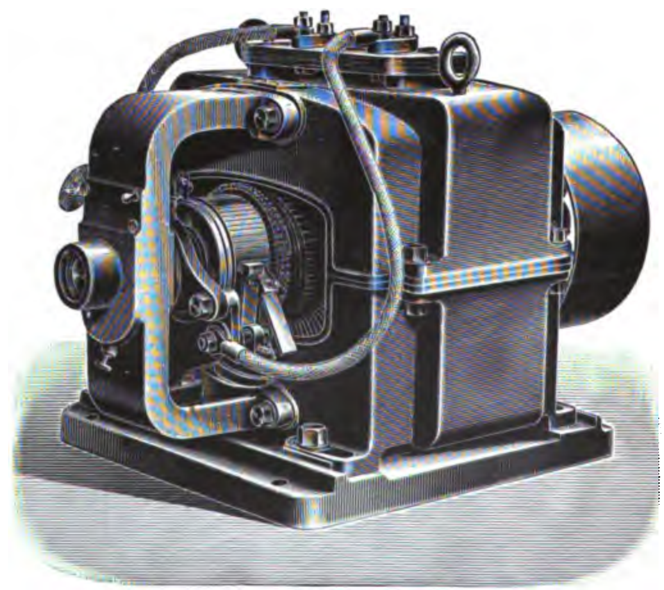


Fig. 67.

Bei dem vierpoligen Modell (Type Zeta), das in Fig. 68 in zwei Schnitten, in Fig. 69 in perspektivischer Ansicht dargestellt ist, ist der Magnetrahmen mit der Grundplatte in einem Stücke gegossen. Das Eisen des Rahmens springt da, wo die Polstücke nach innen hervortreten, nach innen ein, wodurch

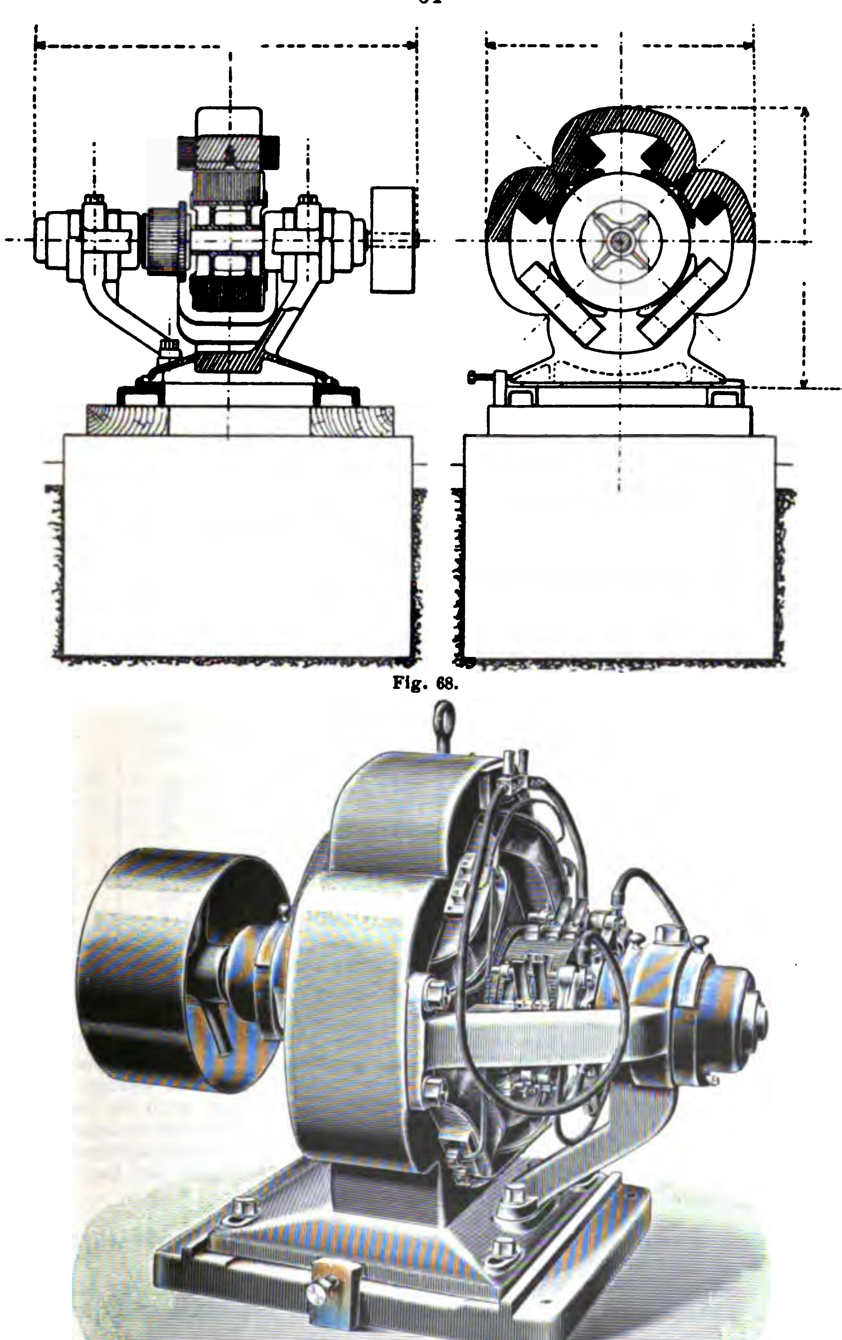


Fig. 68.

Fig. 69.

an Metall gespart wird, während der Eisenquerschnitt des magnetischen Kreises an diesen Stellen doch nicht kleiner wird, wie an den Jochstücken. Die Polschuhe werden, nachdem die Magnetspulen aufgeschoben sind, angeschraubt. Das aktive Ankereisen wird von einer mit Speichen und Nabe versehenen Trommel getragen und erhält dadurch, dass deren Innenraum nach aussen offen ist, eine gute Luftkühlung.

Die grösseren Typen des vierpoligen Modelles (von Type K ab) besitzen ausserhalb der Riemenscheibe noch ein drittes Lager, damit der starke Riemenzug nicht einseitig auf die Welle wirke.

Das sechspolige Modell, sowie diejenigen mit noch grösserer Polzahl sind dem vierpoligen analog konstruiert. Eine sechspolige Maschine, welche mit einer Dampfmaschine direkt gekuppelt ist, findet sich Fig. 99 abgebildet.

Die folgende Tabelle enthält nähere Angaben über Leistungen und Dimensionen der Dynamomaschinen der Firma.

Tabelle 12.

Dynamomaschinen von **O. L. Kummer & Co.**

Type	Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 67 V	120 V	250 V	500 V	Arbeitsverbrauch PS	Touren in 1 Min.
Lambda N	A 3 N	1,4	21	11,7	5,6	—	2,65	1800
»	A 2 N	2,5	37	21,0	10,0	4,2	4,35	1650
»	A 1 N	4,3	64	36,0	17,2	7,4	7,10	1500
»	B N	6,3	94	52,5	25,2	10,8	10,1	1350
»	C N	9,1	136	76,0	36,5	15,6	14,2	1300
»	D E	12,6	188	105	50,5	21,6	19,4	1200
»	E N	18,0	270	150	72,0	31,2	27,4	1150
»	F N	25,0	273	208	100	43,2	37,6	900
»	G N	36	537	300	144	62,3	53,8	780
»	H N	54	805	450	216	94,0	80,0	710
»	J N	75	1120	625	300	130	110,0	630
Zeta	F	14	210	116	56	28	22	900
»	G	20	300	166	80	40	30	780
»	H	30	450	250	120	60	45	710
»	J	42	625	350	168	84	62	630
»	K	54	—	450	216	108	79	550
»	L	66	—	550	264	132	96	500
»	M	78	—	650	312	156	114	450
»	N	90	—	750	360	180	132	340
	und so fort zunehmend. Die grösste normale Type ist:							
»	W	1000	—	8350	4000	2000	1460	90

Die sämtlichen Dynamomaschinen obiger Firma werden nach Bedarf auch so ausgeführt, dass ohne Erhöhung der Tourenzahl die Klemmenspannung zum Zwecke der Ladung von Akkumulatoren entsprechend erhöht werden kann.

Die mehrpoligen Modelle werden für direkte Kupplung auch für halb so grosse Umlaufszahlen geliefert, als vorstehend angegeben, mit entsprechend verminderter Leistung. Dieselben werden auch als Hauptstrommaschinen für Spannungen von 1000 oder 1500 Volt gebaut. Alle Maschinen der Zeta-Type vertragen eine zeitweilige Ueberlastung um 25%.

30. Dynamomaschinen der **Berliner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vormals L. Schwartzkopff,** in Berlin.

Um die Ankerwickelung durchweg auf Schablonen ausführen zu können, baut die Fabrik ihre Dynamomaschinen schon für die kleinsten Leistungen

vierpolig (Type KM). Das Magnetgehäuse ist mit den Polkernen und den beiden Füssen zusammen aus weichem Stahle gegossen. Die Polschuhe sind aus weichen Eisenblechen zusammengesetzt. Auf die beiden Stirnseiten des Gehäuses sind Lagerschilde geschraubt, welche bei den kleineren Modellen vermittels je zweier Arme die Lager tragen. Bei grösseren Typen kommt noch je ein dritter Arm hinzu, welcher das Lager von unten stützt. Fig. 70 zeigt die



Fig. 70.

Maschine in perspektivischer Ansicht, Fig. 71 gibt einen Vertikalschnitt in Richtung der Welle, Fig. 72 eine Ansicht der Stirnseite, bei welcher jedoch der vordere Teil der Ankerwickelung weggelassen ist, sodass man einige Nuten erkennt.

Tabelle 12.

Vierpolige Dynamomaschinen der

Berliner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, vormals L. Schwartzkopff.

Type	Elektr. Leistung Kilowatt	Touren p. Minute ca.	Stromstärke in Ampère bei 120 V	240 V	550 V	Arbeitsverbrauch ca. PS	Gewicht ca. *kg*
KM 1⁰	1,2	1600	10	5	2,2	2,0	75
» 2⁰	2,4	1500	20	10	4,4	3,8	125
» 3⁰	4,1	1450	34	17	7,3	6,4	180
» 4⁰	5,8	1325	48	24	10,5	8,8	260
» 5⁰	8,2	1200	68	34	15,0	12,3	360
» 6⁰	11,5	1100	96	48	21	17,3	500
» 7⁰	16,5	1000	137	69	30	24,5	625
» 8⁰	23,0	900	192	96	42	34,0	860
» 9⁰	33	800	275	138	60	49	1200
» 10⁰	47	700	390	195	85	69	1675
» 11⁰	65	600	540	270	118	94	2300

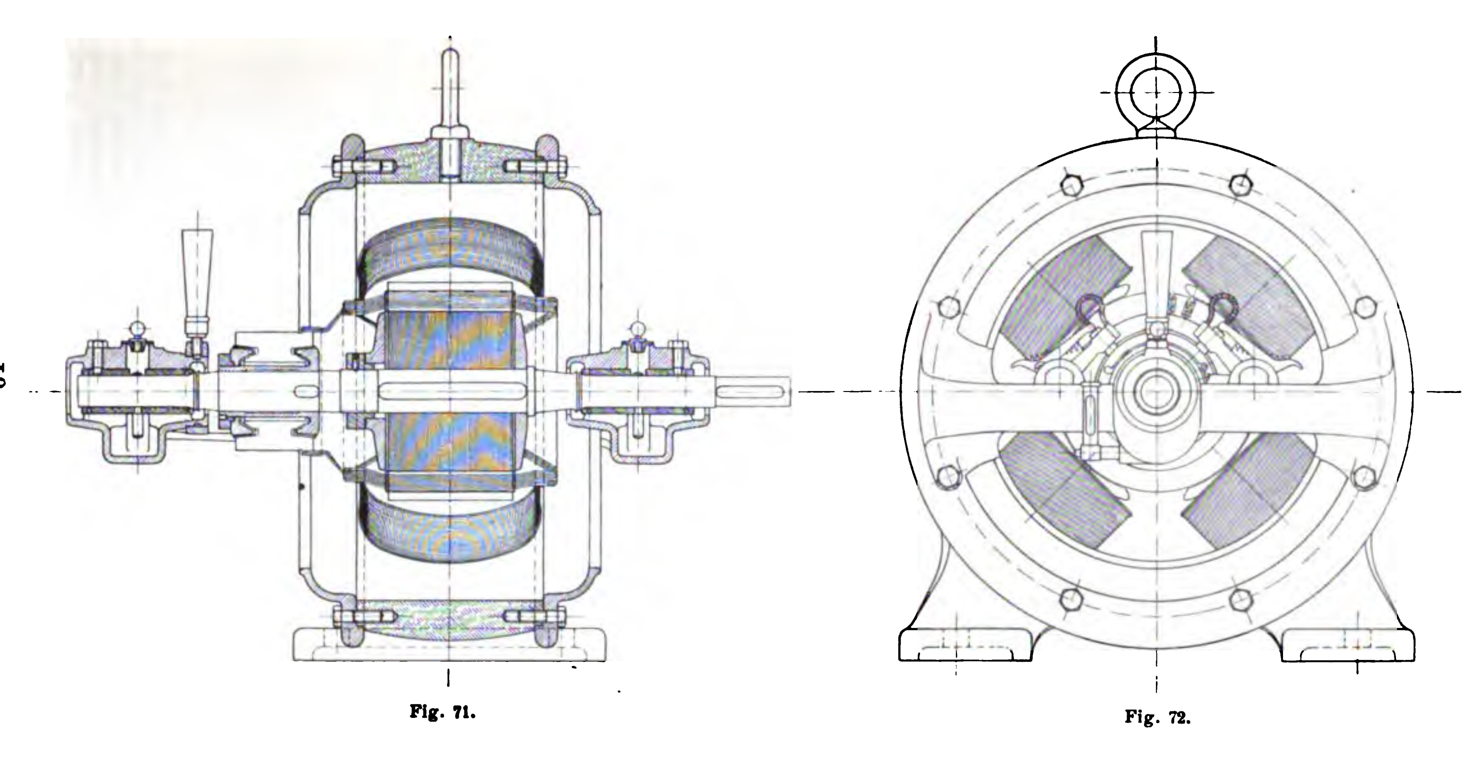


Fig. 71.

Fig. 72.

Der in Fig. 73 abgebildete, genutete Trommelanker besitzt Reihenwickelung, sodass nur zwei Stromabnahmestellen erforderlich sind. Das aktive Eisen ist von Ventilationsschlitzen durchzogen. Die Ankerwickelung ist in sich geschlossen; zum Kollektor führen besondere, sorgfältig angelötete Verbindungsstücke. Auf dem Kollektor schleifen Kohlebürsten.



Fig. 73.

Die Maschine wird in sämtlichen Modellgrössen normal für drei verschiedene Betriebsspannungen: 110—120, 220—240 und 500—550 Volt ausgeführt. Diese sind in der folgenden Tabelle kurz mit 120, 240 und 550 Volt bezeichnet.

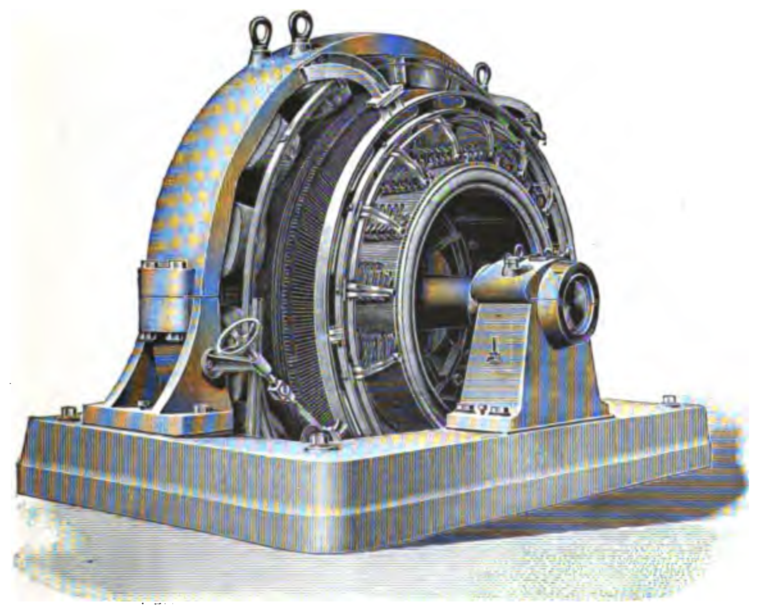


Fig. 74.

Für Akkumulatorenbetrieb kann, bei etwas erhöhter Tourenzahl, die Spannung um ca. 40 % erhöht werden, während die Leistung der Maschine die gleiche bleibt.

Die Tabelle 12 enthält Zahlenangaben über die verschiedenen Modellgrössen.

Von 80 Kilowatt an aufwärts baut die Firma ausserdem das sechs-, acht- und mehrpolige Modell GR. Die grösste normale Type besitzt 16 Pole und

leistet 800 Kilowatt. Bei diesen Maschinen, welche hauptsächlich zur direkten Kupplung bestimmt sind, ist das Magnetgehäuse horizontal geteilt und, ebenso wie die separaten Lagerböcke, auf eine gusseiserne Grundplatte aufgeschraubt. Je nach Höhe der Spannung, für welche die Maschine gebaut ist, sind ebensoviel Stromabnahmestellen als Pole vorhanden, oder weniger, ebenso wie bei höherer Spannung Kohlebürsten, bei niederer Kupferbürsten zur Verwendung kommen. Fig. 74 zeigt die Type GR 24, für 600 Kilowatt, bei 115 Touren p. Minute in äusserer Ansicht. Beim Baue des Ankers sind dieselben Konstruktionsprinzipien angewendet, wie bei der vierpoligen Type.

31. Dynamomaschinen der **Maschinenfabrik Oerlikon** in Oerlikon bei Zürich.

Nur für Leistungen von $^1/_2$ und 1 Kilowatt baut die Firma zweipolige Maschinen, deren magnetische Anordnung die gleiche ist, wie bei den zwei-



Fig. 75.

poligen Schuckert-Maschinen (vergl. **22**). Die vertikal einander gegenüberstehenden Magnetkerne werden von dem das Joch bildenden, rechteckigen Eisenrahmen auf beiden Seiten umschlossen. Dieser Rahmen, welcher mit den Spulen der Magnetwickelung aussen abgleicht und mit den Magnetkernen und der Grundplatte ein Gussstück bildet, trägt beiderseitig je einen angeschraubten Bügel, in welchen die Lager liegen.

Von 2 Kilowatt ab kommt eine vierpolige Type (G) zur Verwendung. Bei dieser besteht das mit Füssen und zwei umlaufenden Versteifungsrippen versehene Magnetgehäuse aus Stahlguss. Die angeschraubten, mit Polvorsprüngen versehenen Kerne sind Packete aus Eisenblech. An jeder Stirnfläche des Gehäuses ist ein gusseiserner, horizontaler Bügel angeschraubt, der ein Lager trägt. Fig. 75 gibt eine photographische Abbildung der Maschine. Der genutete, mit Luftschlitzen versehene Trommelanker trägt eine Trommelwickelung. Es sind nur zwei Stromabnahmestellen vorhanden, an welchen Kohlebürsten schleifen. Die Magnetspulen sind in wasserdichten Stoff vollständig eingehüllt.

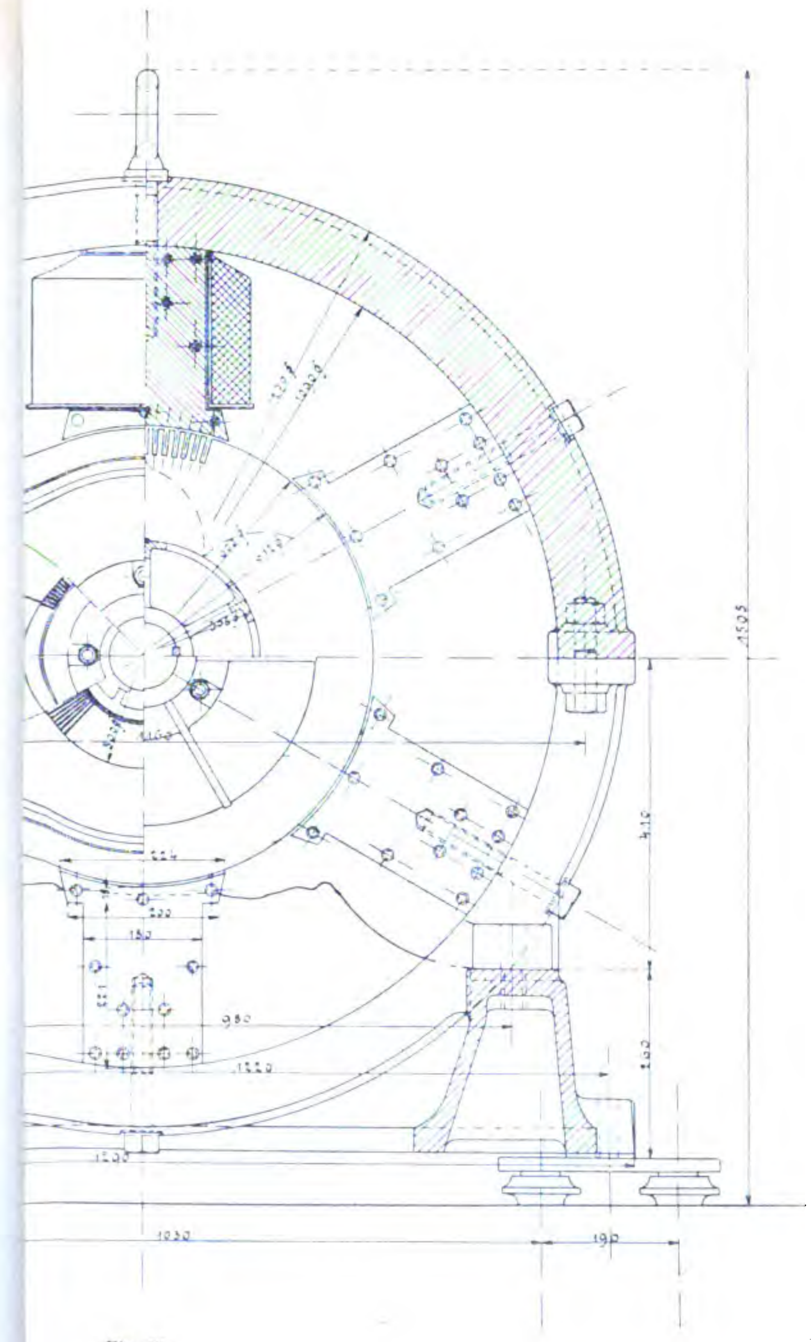


Fig. 77.

Leipzig, Oskar Leiner.

Von Type NN IX ab (vergl. Tabelle 13) sind die Maschinen sechspolig. Fig. 76 zeigt das sechspolige Modell in einem Vertikalschnitt in Richtung der Welle, Fig. 77 in einer Ansicht von der Stirnseite, in welcher einzelne Teile im Schnitt dargestellt sind. Dieses Modell besitzt zwei besondere Lagerböcke und ein horizontal geteiltes Magnetgehäuse. Von Type NN V ab werden die Maschinen auch mit drei Lagern gebaut. Die letzte in der folgenden Tabelle aufgeführte Type (NN XIV), für 200 Kilowatt, hat acht Pole.

Die im vorstehenden genannten Maschinen werden normal für Spannungen von 125 und 250 Volt gebaut. Bei Verwendung zum Akkumulatorenbetrieb, wo die Spannung beträchtlich verändert werden muss, lässt man sie mit etwas höherer Tourenzahl laufen und kann dann mittels eines geeigneten Nebenschlussregulators die Spannung zwischen 110 und 165, bezw. zwischen 220 und 330 Volt variieren.

Für Betriebsspannungen von 500 oder 550 Volt werden die gleichen Modellgrössen verwendet, doch ist deren Leistung dann etwas geringer, am meisten bei den kleineren Maschinen.

Die Fabrik baut ferner für grössere Leistungen (von 170—700 Kilowatt und darüber) Spezialtypen, meist für direkte Kupplung und niedere Tourenzahl.

Die folgende Tabelle enthält Zahlenangaben über die gewöhnlichen Modellgrössen für Spannungen von 125 und 250 Volt.

Tabelle 13.

Dynamomaschinen der **Maschinenfabrik Oerlikon.**

Type	Elektr. Leistung Kilowatt	Touren in 1 Min.	Stromstärke in Amp. bei 125 V	250 V	Arbeitsverbrauch PS	Gewicht *kg*
G 6	0,5	1700	4	2	0,97	60
» 10	1,0	1700	8	4	1,80	70
» 15	2	1600	16	8	3,5	80
» 21	3	1600	24	12	5,0	100
» 27	5	1200	40	20	8,3	145
» 30	7	1200	56	28	11,2	200
» 32	10	1200	80	40	15,8	260
» 36	13	1200	104	52	20,0	365
» 40	18	1100	144	72	27,5	465
NN V	18	950	144	72	27,5	970
» VI	22	900	176	88	33,0	1075
» VII	33	900	265	132	49	1575
» VIII	44	700	352	176	65	2050
» VIIIa	60	600	480	240	90	2450
» IX	75	500	600	300	110	3050
» XI	100	420	800	400	148	4300
» XIII	130	350	1040	520	190	5800
» XIV	200	320	1600	800	295	7650

32. Dynamomaschinen von **Brown, Boveri & Co.** in Baden bei Zürich, sowie in Käferthal bei Mannheim.

Diese Firma baut ihr vierpoliges normales Modell O von 3 Kilowatt ab. Die Hauptprinzipien der Konstruktion sind auch hier die nämlichen, wie sie die Mehrzahl der schon aufgeführten Firmen in der letzten Zeit durchgeführt haben: Magnetgehäuse aus Stahlguss, auf die gusseiserne Grundplatte mittels Füssen aufgeschraubt; Polkerne bei den kleineren Typen angegossen, bei den grösseren angeschraubt; Polschuhe aus Blechbündeln; Nutenanker mit Ventilationsschlitzen und mit auf Schablonen geformter Trommelwickelung; Kollektor mit Glimmerisolation und normal Kohlebürsten. Nur bei den beiden kleinsten

Modellen (siehe Tabelle 14) werden die Lager von sogenannten Lagerschilden getragen; alle grösseren Maschinen haben (2—3) Lagerböcke, die mit der Grundplatte ein Gussstück bilden.

Fig. 78 gibt die perspektivische Ansicht der Maschine, Fig. 79 eine Ansicht von der Stirnseite mit teilweisem Schnitt, Fig. 80 einen Vertikalschnitt in Richtung der Welle. Die beiden letzteren Abbildungen stellen das Modell O 7, für 35 Kilowatt bei 850 Touren, dar.

Von einer Leistung von 65 Kilowatt ab erhält die Maschine sechs Pole, von etwa 200 Kilowatt ab acht und je nach Grösse noch mehr Pole. Fig. 81 zeigt das sechspolige Modell in der Anordnung für direkte Kupplung. Für Riemenbetrieb erhält es drei Lager. Bei den sechspoligen und den grösseren Typen ist das stählerne Magnetgestell horizontal geteilt.

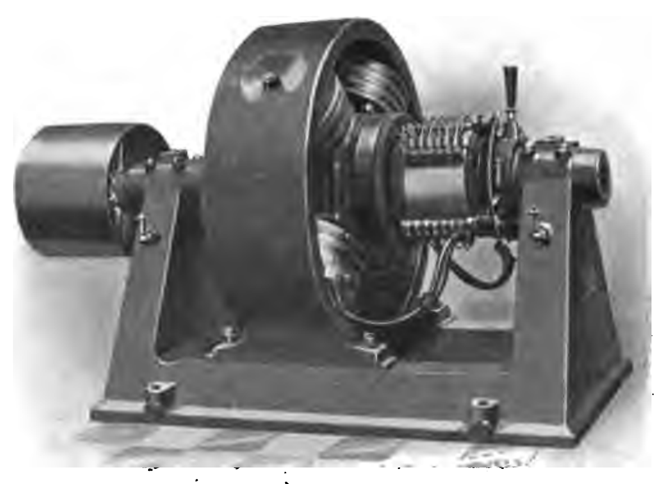


Fig. 78.

Endlich baut die Firma zur direkten Kupplung mit Turbinen ihre Generatoren auch mit vertikaler Welle. Der Kollektor liegt dann über dem Magnetgehäuse. Das obere Lager wird von vier am Gestell befestigten Armen getragen.

Die Maschinen werden normal als Nebenschlussmaschinen gebaut, auf Wunsch aber auch mit Kompoundwickelung versehen. Die normalen Spannungen sind 115, 230, 470 und 550 Volt. Ausserdem wird für Akkumulatorenbetrieb die Spannung veränderlich gemacht in den Grenzen 115—160, 230—320, 470—660 und 550—770 Volt. In diesem Falle ist die Tourenzahl etwa 20% höher als bei den Maschinen für wesentlich unveränderliche Spannung. Ferner ist für die Modelle bis einschliesslich O 8 (Leistung ca. 46 Kilowatt) die Leistung bei 115 und 230 Volt gleich, bei 470 und 550 Volt aus bekannten Gründen um 5—10% kleiner. Ausserdem lässt man die Maschinen für die beiden letztgenannten Spannungen um etwa $^1/_{10}$ schneller laufen.

Die in der folgenden Tabelle angegebenen Leistungen gelten für eine Spannung von 115 oder 230 Volt. Die Beträge der Leistungen bei höheren Spannungen ergeben sich aus den für diese angegebenen Stromstärken. Bei den Maschinen für Akkumulatorenbetrieb ist die zulässige Stromstärke bei der unteren Spannungsgrenze (z. B. 115 oder 230 Volt) um etwa 20%, bei der oberen Grenze (160, 320 Volt u. s. w.) um etwa 70% kleiner als bei den in der Tabelle aufgeführten Typen.

Für direkte Kupplung und besondere Zwecke werden ausserdem noch langsamlaufende Maschinen gebaut, welche in Tabelle 14 nicht enthalten sind.

Tabelle 14.

Dynamomaschinen von **Brown, Boveri & Co.**

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Touren in 1 Min.	Stromstärke in Amp. bei 115 V	230 V	470 V	550 V	Arbeitsverbrauch ca. PS	Gewicht ca. *kg*
OG 00	1	2100	8,7	4,3	—	—	2,2	60
» 0	2	1900	17,4	8,6	—	—	3,5	90
O 1	3	1700	26,0	13,0	6,0	5,0	5,0	130
» 2	6	1550	52	26,0	12,0	10,0	9,5	200
» 3	9	1400	78	39,0	19,0	16,5	14,0	300
» 4	13	1250	113	56,5	25,5	22,0	20,0	440
» 5	18	1150	156	78,0	36,0	31,0	27,5	600
» 6	26	1000	226	113	51	43,5	39,0	830
» 7	35	850	305	152	72	62,0	52	1140
» 8	46	730	400	200	96	82	68	1460
» 9	65	600	560	280	138	118	96	2000
» 10	100	500	870	435	215	182	148	3250
» 11	140	450	1220	610	300	235	207	5000
» 12	190	400	1650	825	405	345	280	7200
» 13	250	350	2180	1090	530	455	370	9500



Fig. 81.

33. Dynamomaschinen von **C. & E. Fein** in Stuttgart. Diese Fabrik baut ihre Maschinen schon von niedrigen Leistungen ab vierpolig,

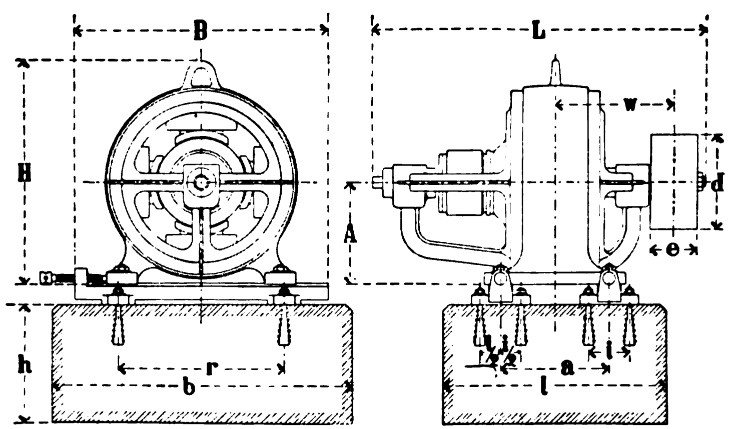


Fig. 82.

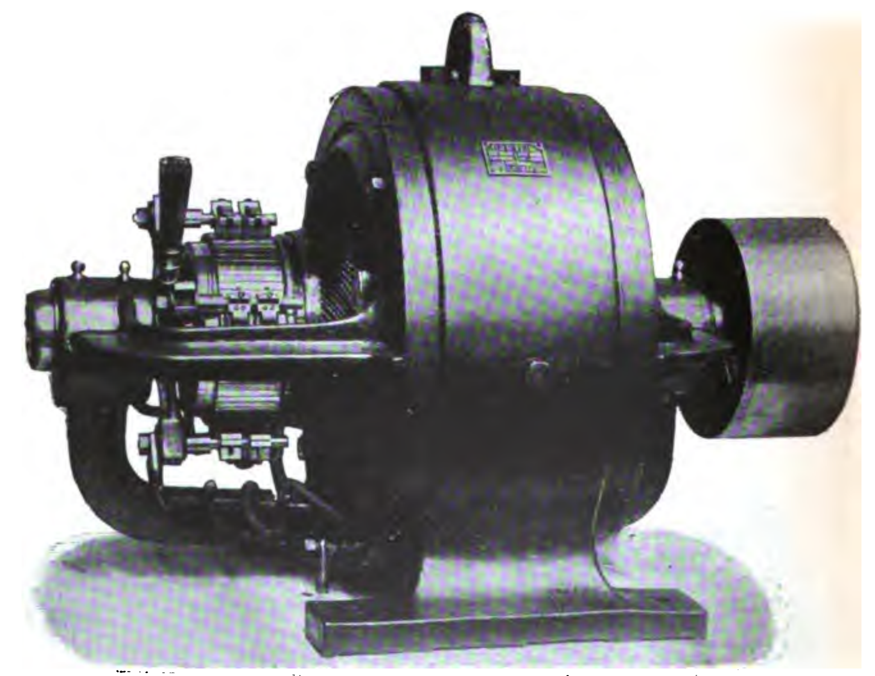


Fig. 83.

während ein zweipoliges Modell nur für kleine Elektromotoren, bis zu 2 PS, Verwendung findet. Die vierpolige Type SM ist Fig. 82 in zwei einfachen Ansichten, Fig. 83 in perspektivischer Abbildung dargestellt. In das kreis-

förmige Jochstück, welches mit den Füssen einen Gussteil bildet, sind die mit Verbreiterungen versehenen Polkerne eingeschraubt. Bei den kleineren Modellen ist, wie die Abbildung zeigt, an jeder Stirnseite des Magnetgehäuses ein kreisförmiger Gussring befestigt, der mittels dreier herausspringender Arme ein Lager trägt. Dieses Ganze bildet ein Stück. Die vierpoligen Modelle für grössere Leistungen, ebenso wie die sechs- und mehrpoligen Maschinen haben besondere Lagerböcke, welche ebenso wie das Magnetgestell auf einen Fundamentrahmen aufgeschraubt sind. Die Maschinen haben meist Kohlebürsten; die kleineren Typen besitzen nur zwei Stromabnahmestellen.

Die Anker sind durchweg Nutenanker mit Trommelwickelung, bei allen grösseren Typen zwecks Luftkühlung innen hohl.

Von 2,7 bis 50 Kilowatt besitzen die Maschinen 4 Pole, von 60 bis 80 Kilowatt 6, von 100 bis 120 Kilowatt 8, darüber hinaus 10, 12 und 14 Pole.

Tabelle 15 enthält Zahlenangaben über die verschiedenen Modellgrössen.

Tabelle 15.

Dynamomaschinen von C. & E. **Fein** in Stuttgart.

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 65 V	120 V	240 V	Arbeitsverbrauch PS	Touren in 1 Min.
SM VII	2,7	42	22,5	—	5,0	1300
» VIII	3,8	60	31,5	—	6,5	1200
» IX	5,5	85	46,0	—	9,0	1100
» X	7,2	110	60,0	—	12,0	1000
» XI	8,8	135	73	—	14	950
» XII	11,0	170	92	—	17	900
» XIII	16,5	250	137	—	25	850
» XIV	22,0	340	183	—	33	800
» XV	28,8	445	240	—	42	750
» XVI	40,0	—	330	165	60	700
» XVII	50	—	415	210	75	650
» XVIII	60	—	500	250	90	600
und so fort zunehmend. Die grösste normale Type ist:						
» XXIV	250	—	2100	1050	370	150

34. Dynamomaschinen der **Maschinenfabrik Esslingen** in Esslingen.

Die zweipolige Type (Modell K) ist Fig. 84 abgebildet. Die senkrecht stehenden Magnetschenkel laufen oben in hornförmige Polschuhe aus, an welche die horizontalen Lagerträger seitlich angeschraubt werden. Das Magnetgestell besteht aus Stahlguss. Der Anker ist ein Gramme'scher Ring. Auf dem Kollektor schleifen Kohlebürsten.

Grössere Typen werden mehrpolig ausgeführt, nach der für mehrpolige Aussenpolmaschinen jetzt ziemlich allgemein angewandten magnetischen Disposition. Für das sechspolige Modell z. B. besitzt der aus Stahlguss hergestellte Magnetrahmen sechseckige Form. In der Mitte jeder Sechseckseite ist nach innen zu ein mit Polschuh versehener Polkern angeschraubt. Das horizontal in der Mitte geteilte Magnetgestell ist, ebenso wie die Lagerböcke durch Verschraubung auf der gusseisernen Grundplatte befestigt. Der Trommelanker besitzt Parallelwickelung. An vier Stellen des Kollektors schleifen Kohlenbürsten. Bei den grössten Modellen sind für die Riemen- bezw. Seilscheibe zwei Lager vorhanden.

Tabelle 16.
Dynamomaschinen der **Maschinenfabrik Esslingen.**

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 110 V	Stromstärke in Ampère bei 220 V	Arbeits-verbrauch PS	Touren in 1 Min.
K $2^1/_2$	3,3	30	15	5,3	1250
» 3	4,4	40	20	7,0	1150
» 4	7,2	66	33	11,5	1100
» $5^1/_2$	8,8	80	40	14,0	1100
» 6	12,1	110	55	18,6	1000
» 7	15,4	140	70	23,5	1000
4 PD 150	15	136	68	—	750
4 » 180	20	182	91	—	700
6 PD 150	30	272	136	—	650
6 » 180	40	364	182	—	600
6 » 210	70	636	318	—	550
6 » 240	100	910	455	—	500
8 PD 240	150	1364	682	—	400
und so fort steigend. Die grösste normale Type ist:					
12 PD 320	500	4550	2275	—	150

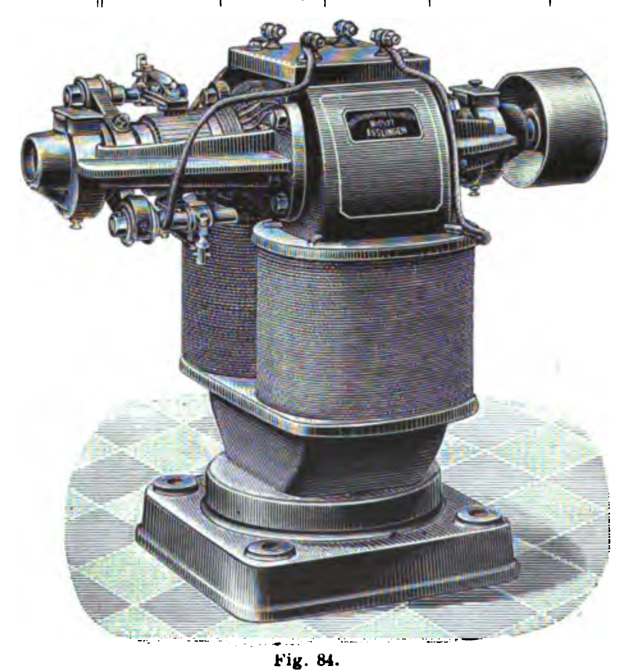


Fig. 84.

35. Dynamomaschinen der **Elektrotechnischen Fabrik Rheydt, Max Schorch & Co.** in Rheydt.

Bis zu einer Leistung von 13 Kilowatt finden zweipolige, von 20 Kilowatt ab vierpolige Maschinen Verwendung.

Bei dem zweipoligen Modell stehen die beiden Magnetschenkel einander horizontal gegenüber, während das kreisförmig gebogene Jochstück ober- und unterhalb den magnetischen Rückschluss und zugleich einen Schutzmantel bildet, der die Magnetwickelung und den Anker völlig einschliesst. An diesen Mantel sind starke Bügel, welche die Lager tragen, beiderseits angeschraubt. Bei den kleinen Modellen ist der Lagerbock auf der Seite der Riemscheibe mit dem Mantel in einem Stück gegossen. Die Magnetschenkel bestehen aus weichem Stahl, aus welchem Material bei den grösseren Typen auch der Mantel her-

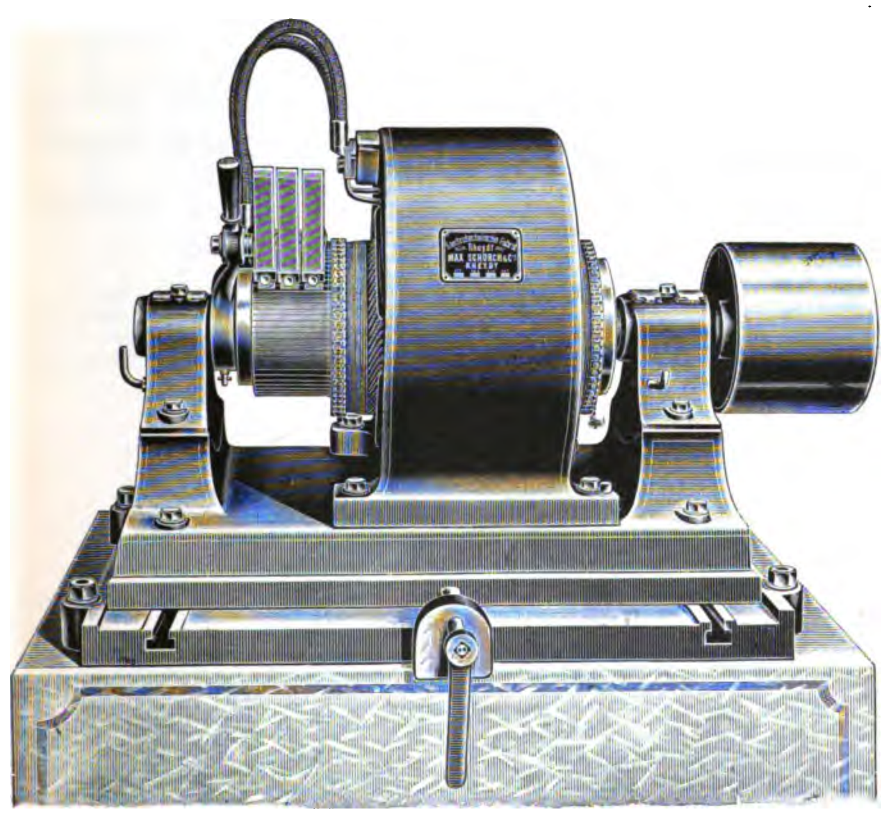


Fig. 85.

gestellt ist. Die Schenkel sind beiderseits, da, wo sich die Stirnflächen des Ankers befinden, je durch ein ringförmiges Eisenstück verbunden, mit welchem sie in eins gegossen sind. Sie können infolgedessen zusammen abgedreht werden. Alsdann werden die Schenkel mit dem Kranzstück in den passend ausgedrehten Mantel eingetrieben. Das Kranzstück bildet einen schwachen magnetischen Nebenschluss, so wie die sogen. Polbüchse von v. Dobrowolsky. Die Anker sind Nutenanker mit Trommelwickelung.

Die vierpolige Maschine ist in Fig. 85 abgebildet. Bei dieser ist das ganze Magnetgestell aus Stahl gegossen und auf die Grundplatte aufgeschraubt. Die Auflagefläche der Lagerböcke ist mit der Bohrung der Magnete zentrisch ausgedreht, wodurch ein genau symmetrisches Einstellen des Ankers erleichtert

wird. Die Magnetschenkel sind mit kurzen Polschuhen versehen, welche ebenfalls durch Kranzstücke zusammen hängen. Fig. 86 giebt einen Längsschnitt und eine Seitenansicht des vierpoligen Modelles.

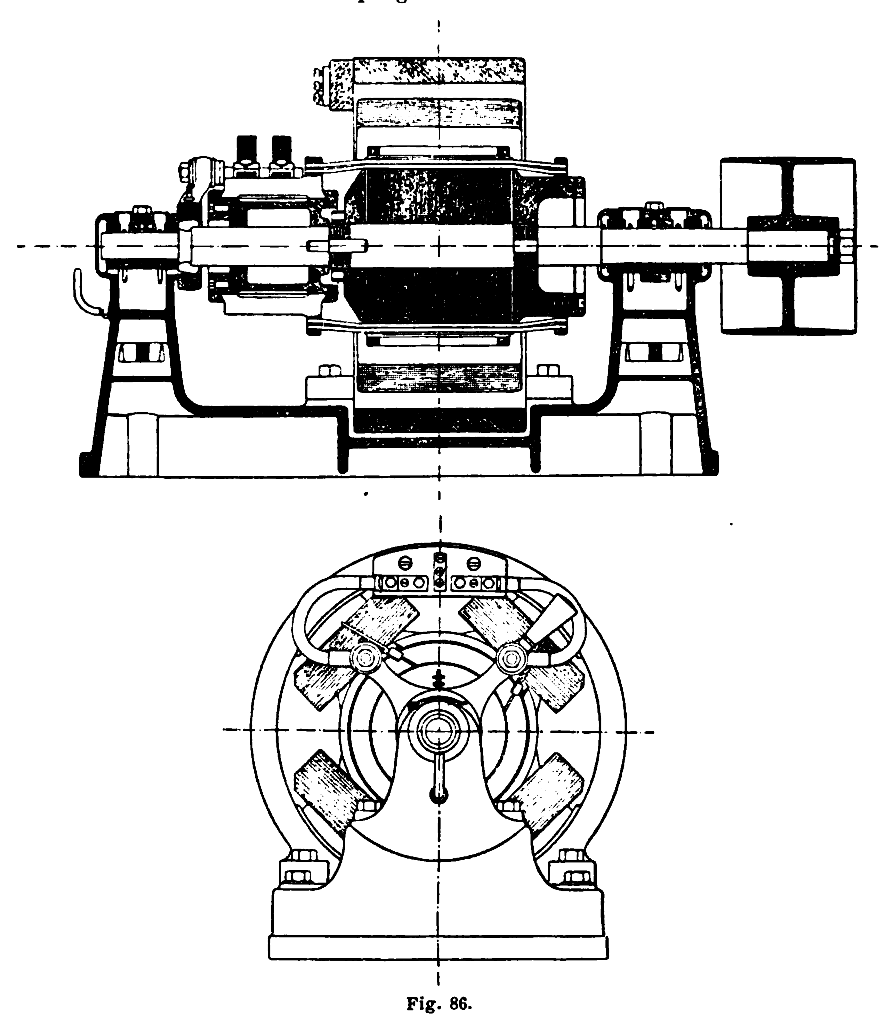


Fig. 86.

Die einzelnen Modellgrössen werden sowohl für rasche als für langsame Umlaufszahl gebaut. Die Wickelung wird normal für 65 oder für 110 bis 120 Volt eingerichtet, nach Bedarf auch für 220 bis 240 Volt. Für Akkumulatorenbetrieb erzielt man durch Anwendung eines passenden Regulierwiderstandes und Erhöhung der Tourenzahl ein Spannungsbereich von 65 bis 90, bezw. von 110 bis 160 Volt. Die langsam laufenden vierpoligen Modelle erhalten ausserhalb der Riemscheibe ein drittes Lager.

In der folgenden Tabelle sind unter Modell E die zweipoligen, unter Modell G die vierpoligen Maschinen aufgeführt.

Tabelle 17.
Dynamomaschinen der **Elektrotechnischen Fabrik Rheydt.**

Modell-Bezeichnung	Elektr. Leistung Kilowatt	Stromstärke in Ampère bei 65 V	110 V	Tourenzahl in 1 Min. schnell-lauf.	langsam-lauf.	Arbeits-verbrauch PS	Gewicht *kg*
E 5	0,77	12	7	1900	—	1,4	110
» 6	1,31	20	12	1750	1050—1250	2,3	160
» 7	2,17	33	20	1500	900—1050	3,5	235
» 8	3,27	50	30	1500	1000—1120	5,5	345
» 9	5,35	80	50	1150	900—1000	8,5	500
» 10	8,80	135	80	1100	800	13,5	710
» 11	13,10	200	120	1100	750	20,0	1050
G 20	19,8	—	180	850	600	30	900
» 27	26,4	—	240	725	550	40	1100
» 36	33,0	—	300	610	440	50	1400
» 54	49,5	—	450	550	400	73	2200
» 75	71,5	—	650	500	350	105	3000
» 100	93,5	—	850	420	300	135	4700

36. Dynamomaschinen der **Bergmann-Elektromotoren- und Dynamo-Werke, A.-G.** in Berlin.

Diese Firma baut für kleine Leistungen, bis zu etwa 4 Kilowatt, Maschinen völlig geschlossener Form, nach dem Typus Lundell (Type K). Für Leistungen

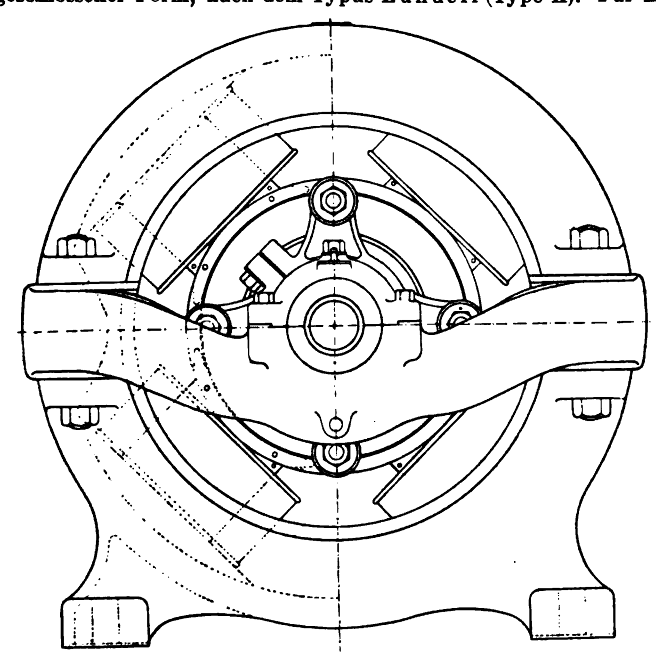


Fig. 87.

von etwa 3 bis 42 Kilowatt stellt sie vierpolige Maschinen (Type C) her, welche von Burke konstruiert sind. Ferner werden Dynamomaschinen mit 6 und mit 8 Polen gebaut für 15 bis 250 Kilowatt.

Jede Modellgrösse wird für 5 und mehr verschiedene Beträge der elektrischen Leistung geliefert, was durch weitgehende Veränderung der Umlaufzahl erreicht wird (vergl. Tab. 18). Eine Spezialität der Fabrik sind langsamlaufende Maschinen für niedrige oder mässige Leistung.

Von den oben erwähnten drei Typen ist die originellste die vierpolige Type C, welche im folgenden beschrieben werden soll.

Das Magnetgestell besteht aus zwei Teilen. Der untere ist mit angegossenen Füssen versehen. Jeder enthält zwei mitgegossene Polkerne. Nach den beiden Stirnseiten zu setzt sich der Rahmen bei entsprechend schwächerem Querschnitt fort und bildet so beiderseits eine Art Schutzkapsel für die Magnetspulen. Wie

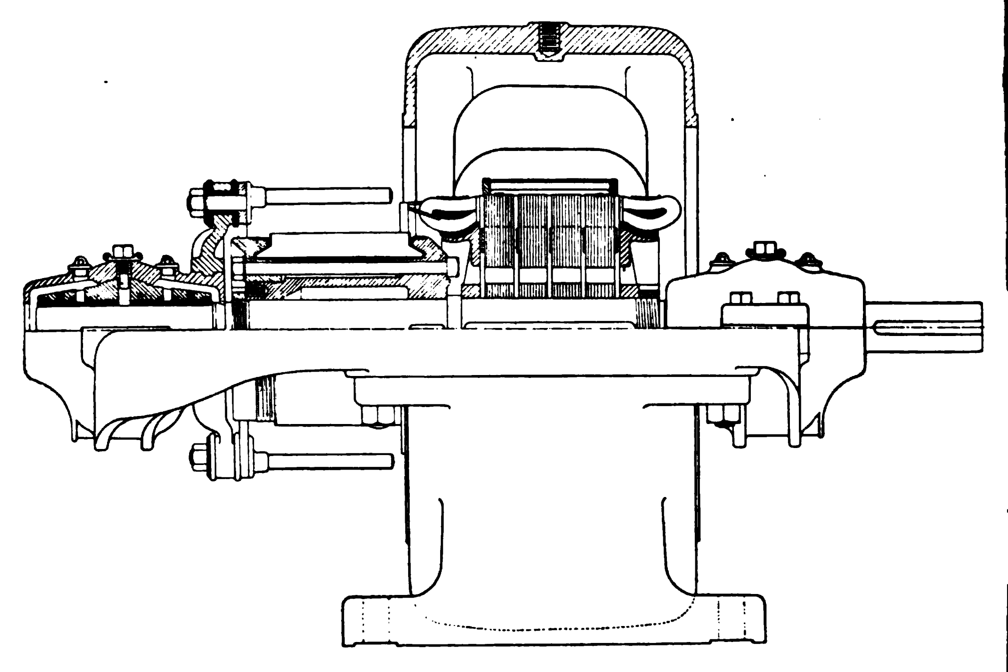


Fig. 88.

die beiden teilweisen Schnittzeichnungen Fig. 87 und 88, sowie die perspektivische Abbildung Fig. 89 erkennen lassen, sitzen aber die beiden Teile des Magnetgehäuses nicht unmittelbar aufeinander, sondern nehmen zwischen sich einen gusseisernen Rahmen auf, der sich an beiden Stirnseiten weiter nach aussen erstreckt, um die Lager zu tragen. Mit diesem sind die zwei Hälften des Polgehäuses mit breiten Auflageflächen in Berührung und besitzen behufs Verschraubung je vier seitlich herausspringende Flanschen.

Diese Einrichtung hat zunächst den Zweck, den Anker bequem zugänglich zu machen, ohne dass es erforderlich ist, Lagerböcke wegzunehmen oder den Anker selbst herauszuziehen oder wegzuheben. Es braucht lediglich der obere Teil des Magnetgehäuses abgehoben zu werden. Ferner läuft die Ankerwelle stets gut in ihren Lagern; ein Verspannen beim Transporte und der Aufstellung der Maschine ist völlig ausgeschlossen, da die gegenseitige Stellung der Lager stets dieselbe bleiben muss. Die Lagerschalen halten sich von selbst zentrisch, denn die Büchsen, in welche sie eingegossen sind, können sich ihrerseits innerhalb der äusseren gusseisernen Kapseln in einer Art Kugelgelenk etwas bewegen (vergl. Fig. 88).

Die Magnetkerne sind mit Polschuhen versehen, welche die Polflächen verbreitern und welche sich in Richtung der Peripherie des Ankers beiderseits verjüngen. Diese Polschuhe bestehen aus lamelliertem, weichem Eisen mit dünnen Papierzwischenlagen. Sie werden alle vier zugleich an den beiden Stirnseiten der Maschine je durch einen schwachen Gusseisenring gehalten, mit

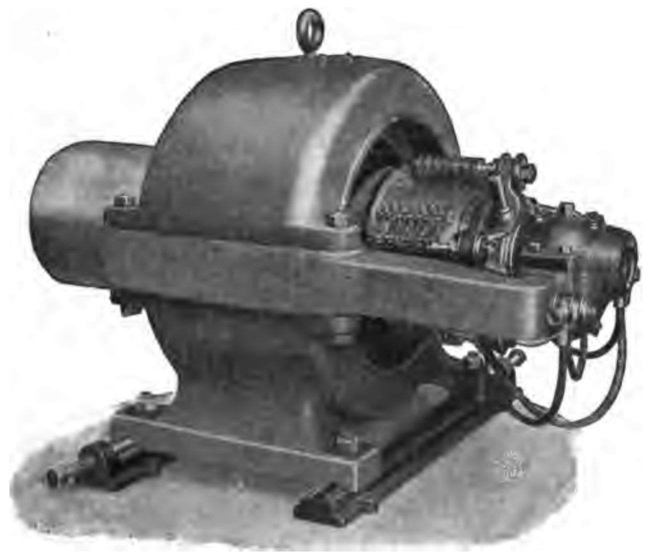


Fig. 89.

welchem sie verbolzt sind. Auf die Gründe, weswegen es vortheilhaft ist, das Eisen der Polschuhe zu zerteilen, kann hier nicht näher eingegangen werden.

Eigenartig ist die Gestaltung des Ankereisens. Dieses besteht in der gebräuchlichen Weise aus Blechscheiben, die durch solche aus Papier voneinander isoliert sind und bei den kleineren Modellen direkt auf die Welle aufgekeilt, bei den grösseren auf einen besonderen »Ankerstern« aufgesetzt werden. Die verhältnismässig nicht zahlreichen Nuten, mit denen dieses Blechbündel versehen ist, laufen nicht radial, sondern bogenförmig, wie aus Fig. 90 zu ersehen. Durch diese gekrümmte Form der Nuten wird erreicht, dass sie bei gleicher radialer Tiefe mehr Drähte, resp. einen grösseren Kupferquerschnitt aufzunehmen vermögen, als wenn sie radial liefen. Nach Einbringung der Drahtwickelung wird jede Nut durch ein oben eingeschobenes Holzleistchen geschlossen. Dieses schiebt sich in die beiden seitlichen Einkerbungen in den Nutenrändern.



Fig. 90.

Fig. 90 zeigt ferner noch, dass die zwischen den Nuten befindlichen Zähne je mit einer schlitzartigen Oeffnung versehen sind, die sich nach innen zu verbreitert. Hierdurch wird eine kräftige magnetische Sättigung des Eisens der Zähne erreicht (vergl. 18), was zur Folge hat, dass der im Anker fliessende Strom die Kraftliniendichte im Ankereisen nicht erheblich zu beeinflussen ver-

mag. Hierdurch wird die Rückwirkung des Ankerstromes auf das magnetische Feld der Maschine und damit auf die Funkenbildung am Kollektor wesentlich vermindert.

Zwischen die Ankerbleche sind in gewissen Abständen einige Bronzeplatten von etwa 3—4 *mm* Stärke eingelegt, welche mit zahlreichen grossen Oeffnungen versehen sind und so den Eintritt der kühlenden Luft in das Eisenbündel des Ankers an mehreren Stellen ermöglichen (sogen. Ventilationsplatten).

Endlich sei noch bemerkt, dass bei einer anderen von der Firma gebauten Maschinentype das Magnetgestell ganz aus gestanzten Weicheisenblechen hergestellt wird. Jede Blechgrösse kann für mehrere Maschinenmodelle von verschieden hoher Leistung benutzt werden, da man für die grösseren Maschinen einfach mehr Bleche aufeinander legt und so die Feldmagnete breiter und dementsprechend den Anker länger gestaltet.

Tabelle 18 enthält Zahlenangaben über die Typen C und A.

Tabelle 18.

Dynamomaschinen der **Bergmann-Elektromotoren- und Dynamo-Werke**, A.-G.

Type	Leistung in Kilowatt	Touren in 1 Min.	Leistuug in Kilowatt	Touren in 1 Min.	Leistung in Kilowatt	Touren in 1 Min	Gewicht *kg*
C 1	2,75 5,5	470 935	3,5 7,0	550 1100	4,5 8,5	735 1400	370
C 2	3,0 7,0	350 735	4,25 9,5	470 950	5,5 13,0	625 1390	455
C 3	4,25 11,5	312 835	5,5 14,0	417 980	8,5 17,0	625 1200	590
C 4	7,0 17,0	315 780	10,5 21,0	470 935	13,0 25,0	585 1170	720
C 5	10,5 21,0	315 625	13,0 25,0	390 780	17,0 34,0	520 1040	1070
C 6	14 25	315 585	17 34	390 780	21 42	470 940	1290
A 1	15 40	200 570	20 50	260 740	30 —	400 —	1800
A 2	20 50	150 375	30 65	225 520	40 80	300 660	2900
A 3	50 100	210 460	65 125	275 580	80 —	360 —	4300
	und so fort zunehmend. Die grösste normale Type ist:						
A 6	100 175	160 300	125 200	200 350	150 250	240 450	7500

Sämtliche Typen C werden für Spannungen von 120 und 240 Volt bei allen oben verzeichneten Tourenzahlen, für 440 oder 500 Volt werden die grösseren Modelle bei allen verzeichneten Umlaufszahlen, die kleinsten nur bei den höheren davon eingerichtet. Die Modelle der A-Type werden alle für jede der genannten Spannungen gebaut. Um beim Laden von Akkumulatoren die Spannung zu erhöhen, lässt man die Maschinen bis zu etwa 10% schneller laufen.

Innenpolmaschinen.

37. Bei der Innenpolmaschine von Siemens & Halske, von welcher Fig. 91 einen Schnitt durch den Anker und das Magnetsystem, Fig. 92 einen Vertikalschnitt durch die Welle in Richtung der letzteren zeigt, sitzen die Elektromagnete, welche um ein sie verbindendes eisernes Mittelstück sternförmig angeordnet sind, fest an dem einen Lagerbocke. Jeder Kern trägt nahe dem

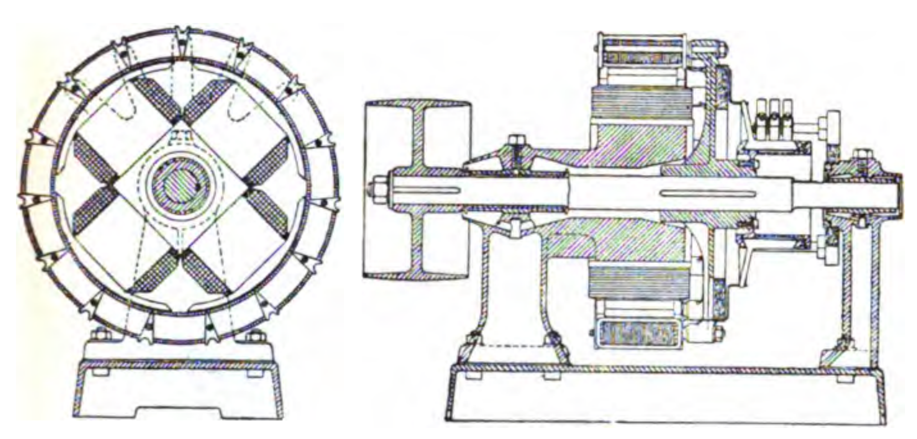


Fig. 91. Fig. 92.

Anker einen Polschuh, welcher entsprechend der Kreisform des Ankers bogenförmig gestaltet ist und sich der Innenfläche des Gramme-Ringes bis auf einen kleinen Abstand nähert. Der Ring ist seitlich gefasst von einer Anzahl Arme, welche von dem auf der Welle aufgekeilten Ankerstern, einer mit strahlenförmigen Armen versehenen Nabe, ausgehen.

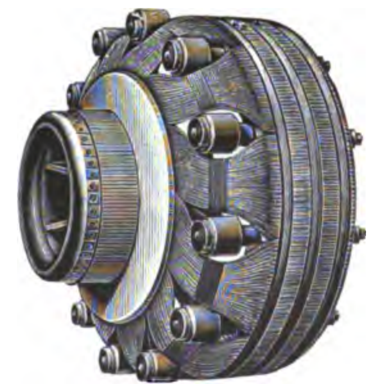


Fig. 93.

Die Abbildungen zeigen eine vierpolige, mit Kollektor versehene Maschine. Grössere Typen besitzen 6, 8, 10 Polkerne. Ferner ist in Fig. 93 der Ringanker nebst Tragebolzen und Kollektor für sich allein dargestellt.

Bei einer zweiten Form dieser Innenpolmaschinen besteht jede Ankerspule aus einer einzigen Windung. Dadurch wird ein besonderer Collector entbehrlich. Das Kupfer der Ankerwindungen ist an der äusseren Fläche blank gelassen, und es schleifen die Bürsten direkt auf der Peripherie des Ankers. Es sind soviele mit Bürsten versehene Stromabnahmestellen vorhanden, als die Maschine Magnetpole hat. Diese Stellen sind dann unter sich behufs Parallelschaltung der einzelnen Stromkreise, durch Kabel verbunden. Durch geeignete mechanische Vorrichtungen können sämtliche Bürsten gleichzeitig abgehoben oder aufgelegt, sowie auch verschoben werden. Diese Maschinentypen sind gewöhnlich für direkte Kuppelung mit

der Betriebsmaschine bestimmt. Fig. 94 zeigt das sechspolige Modell derselben in äusserer Ansicht, für Riemenbetrieb eingerichtet. Die grösste, für Zentralanlagen bestimmte Type ist in Fig. 95 abgebildet, in direkter Kuppelung mit einer Dreifach-Expansions-Dampfmaschine von 1250 PS.

Die in Tabelle 19 aufgeführten Innenpolmaschinen werden normal für eine Spannung von 110, 220 zum Theil auch 500 Volt gebaut. Für besondere

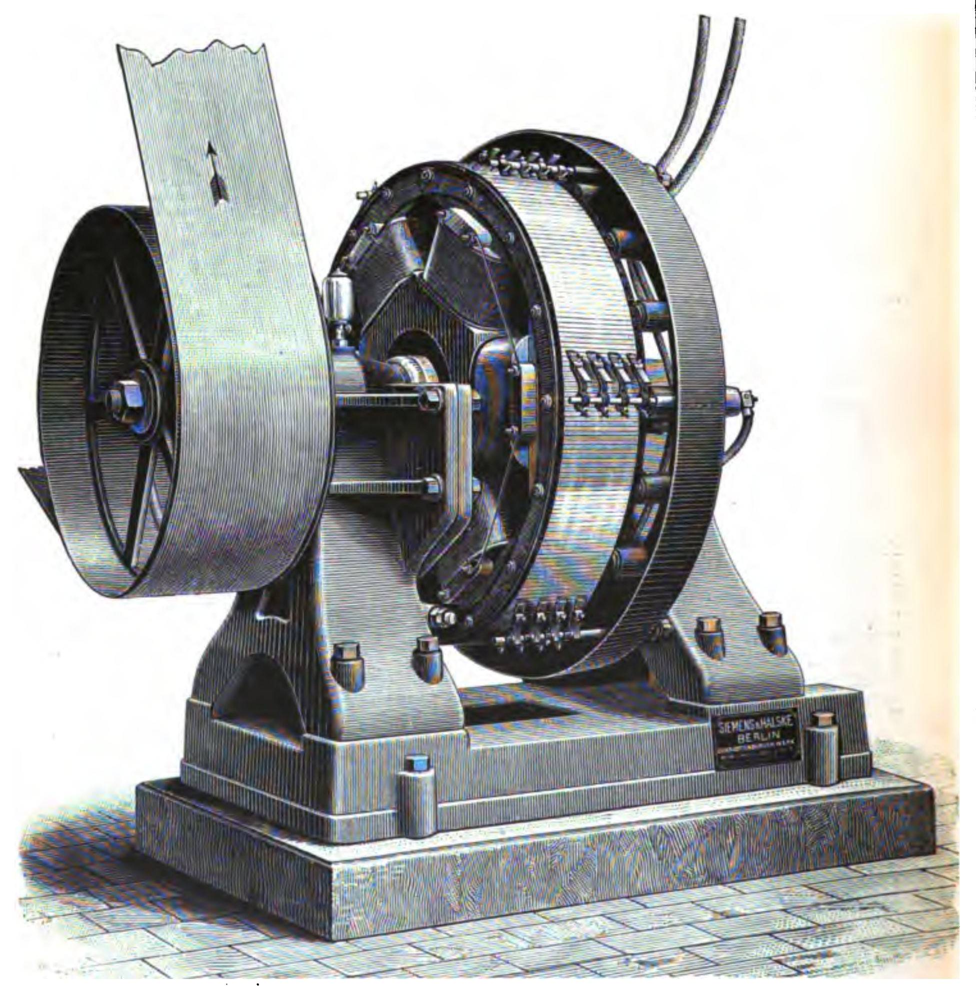


Fig. 94.

Zwecke werden sie jedoch auch für höhere Spannungsbeträge ausgeführt, deren obere Grenze mit der Modellgrösse steigt. Diese Grenze beträgt für die Maschine mit Kollektor 300 bis 1000 Volt, je nach der Grösse der Maschine, für die Type ohne Kollektor 120 bis 800 Volt.

Tabelle 19.
Innenpolmaschinen von **Siemens & Halske.**

Type	Mit besonderem Kollektor			Ohne besonderen Kollektor		
	Elektr. Leistung Kilowatt	Arbeits-verbrauch ca. PS	Touren in 1 Min.	Elektr. Leistung Kilowatt	Arbeits-verbrauch ca. PS	Touren in 1 Min.
J 32	20	34	600	30	48	510
» 32	26	42,5	600	—	—	—
» 36	34	54	500	41	65	460
» 40	47	72	450	55	84	400
» 46	54	81,5	415	65	98	350
» 51	90	134	375	110	164	320
» 58	140	207	330	170	252	280
» 76	180	266	250	200	296	215
» 81	265	387	235	300	439	200
» 93	350	513	205	400	585	175
» 99	440	645	195	500	730	165
» 105	530	774	180	600	878	155
» 110	620	905	175	700	1023	145
» 136	750	1095	140	850	1243	120
» 170	840	1215	110	950	1373	95

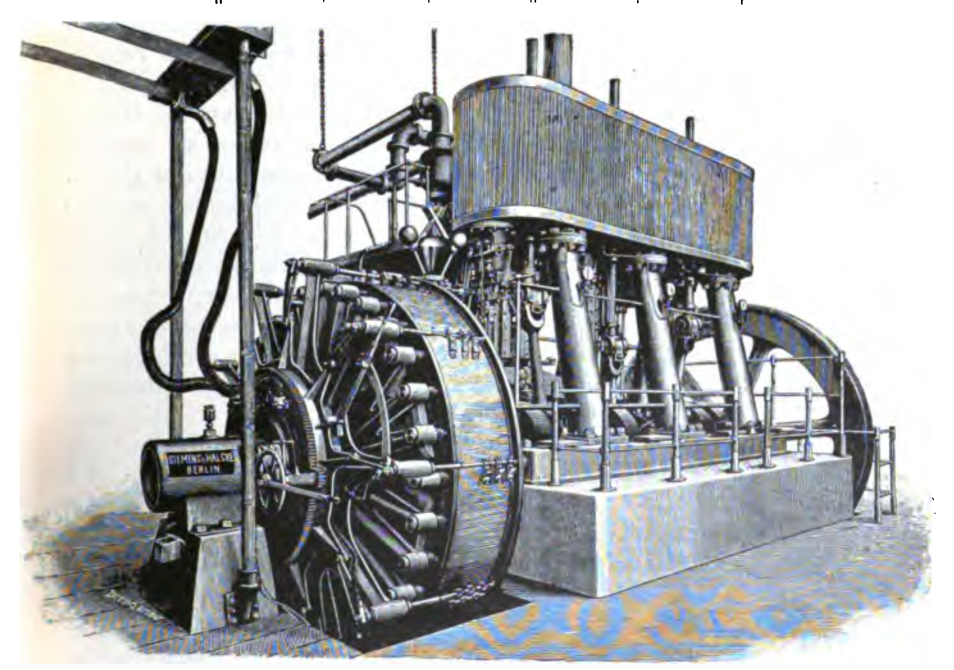


Fig. 95.

38. Aufstellung der Dynamomaschinen. Der für die Aufstellung einer oder mehrerer Dynamomaschinen bestimmte Raum muss trocken, möglichst staubfrei und genügend hell sein. Jede Dynamo-

maschine erhält als Unterlage ein Steinfundament von solcher Höhe, dass alle an der Maschine vorzunehmenden Verrichtungen bequem, ohne erhebliches Bücken oder Strecken, ausgeführt werden können. Wie tief das Fundament sich unter den Erdboden erstrecken soll, richtet sich nach dem Gewichte und der Leistung der Maschine. Es wird aus Ziegel- oder Bruchsteinen in Zement gemauert, bei kleineren Maschinen wohl auch aus einem einzigen Blocke hergestellt. In dem Mauerwerke spart man die Löcher für die Fundamentanker aus. Häufig geben die die Dynamomaschinen liefernden Fabriken bestimmte Vorschriften über die Dimensionen der erforderlichen Fundamente. Auf die möglichst vollkommen horizontal hergestellte obere Fundamentfläche kommt die Dynamomaschine hier und da nicht unmittelbar zu stehen. Vielmehr wird darauf zunächst ein Holzrahmen mit Fundamentankern befestigt. Dieser besteht aus Balken von hartem, trockenem Holze, welche zum Teil in das Fundament eingelassen werden. Er hat den Zweck, das Eisengestell der Maschine vom Erdboden elektrisch zu isolieren. Seine Abmessungen richten sich nach der Grösse und dem Gewichte der Dynamomaschine. Man kann die letztere unmittelbar auf den Holzrahmen schrauben. Zweckmässiger ist es jedoch (falls nicht Dynamo- und Betriebsmaschine gekuppelt sind), auf der Holzunterlage zunächst eiserne Gleitschienen zu befestigen und auf letztere die Maschine zu stellen, um ein bequemes Nachspannen des sie antreibenden Riemens (bezw. der Seile) zu ermöglichen. Derartige Spannvorrichtungen werden gewöhnlich schon von der Fabrik mitgeliefert. Die in den Holzrahmen gehenden Befestigungsschrauben dürfen das Steinfundament nicht berühren. Will man den Holzrahmen weglassen, was in neuerer Zeit meistens geschieht, so können wenigstens die die Dynamomaschine bezw. die Gleitschienen mit dem Fundament verbindenden Schraubenbolzen und Muttern isolierende Hülsen und Unterlagscheiben (am besten aus Vulkanfiber) erhalten.. Wie wichtig eine gute Isolation der stromführenden Teile der Dynamomaschine von der Erde ist, wird in Abschnitt V erläutert. Bei einer Anzahl der auf den vorstehenden Seiten abgebildeten Dynamomaschinen ist die Art der Aufstellung deutlich zu erkennen.

Wird die Maschine von der Fabrik in zusammengesetztem Zustande geliefert, so hat man darauf zu achten, dass beim Anziehen der dieselbe auf der Unterlage befestigenden Schrauben kein Verspannen der Maschinenteile eintritt. Dies zeigt sich sofort daran, dass die Ankerwelle in den Lagern nicht mehr leicht läuft. Es muss der Anker der fertig aufgestellten Maschine, nachdem er bei abgehobenen Bürsten einen mässigen Antrieb mit der Hand empfangen hat, eine grössere Zahl von Umdrehungen machen, bis er zur Ruhe

kommt. Bei Aufstellung von grossen Maschinen, welche zerlegt verschickt werden, macht die Erreichung eines leichten Ganges der Ankerwelle mit die Hauptarbeit. In diesem Falle dürfte jedoch gewöhnlich ein darin geübter, von der Fabrik mitgesandter Monteur zur Verfügung stehen.

Die Stellung der Bürsten am Kollektor ist bei zusammengesetzt abgelieferten Dynamomaschinen gewöhnlich schon die richtige. Doch tut man auf alle Fälle gut, zu kontrollieren, ob dieselben auf diametral einander gegenüberstehenden (bezw. bei vierpoligen Maschinen um 90° entfernten) Kollektorlamellen aufliegen, und zwei solche ein- für allemal mit dem Körner zu bezeichnen, damit man später beim Beschneiden oder Erneuern der Bürsten nicht lange abzuzählen hat.

Bevor die Maschine zum ersten Male in Betrieb gesetzt wird, müssen sämtliche an ihr befindliche Schrauben, insbesondere auch diejenigen der elektrischen Verbindungen, auf festes Sitzen geprüft und eventuell nachgezogen werden. Ueber die Behandlung der Maschine im Betriebe selbst und bei Betriebsstörungen finden sich nähere Angaben in Abschnitt VI.

B. Betriebsmaschinen.[1]

39. Allgemeines. Die Kraftmaschine, welche die Dynamomaschine antreibt, ist mit der wichtigste Teil einer elektrischen Beleuchtungsanlage. Auch bei solidester Ausführung aller übrigen Glieder derselben kann ein schönes, ruhiges Licht nur dann erzielt werden, wenn die Betriebsmaschine eine ganz gleichmässige Geschwindigkeit besitzt. Da die Spannung des Stromes mit von der Drehungsgeschwindigkeit des Ankers abhängt, so hat jede Schwankung im Gange des Motors eine Aenderung der Spannung und damit der Lichtstärke der Lampen zur Folge, die vom Auge unangenehm empfunden wird. Bei dem heutigen Stande der Konstruktion der Lichtmaschinen, Lampen, Leitungen u. s. w. kann ohne Bedenken gesagt werden, dass in den meisten Fällen, in welchen über Zucken und Flackern des Lichtes oder häufige Betriebsstörungen geklagt wird, das unzureichende Funktionieren der Kraftmaschine die Schuld trägt und nicht der elektrische Teil der Anlage, wenn auch der letztere erfahrungsgemäss vom Publikum gewöhnlich dafür verantwortlich gemacht wird.

[1]) Dieser Abschnitt enthält nur orientierende Angaben über die Eigenschaften verschiedener Arten von Kraftmaschinen. Bezüglich eingehenderer Belehrung muss auf Spezialwerke verwiesen werden.

Der Betrieb von Dynamomaschinen für Beleuchtungszwecke stellt höhere Anforderungen an die Gleichmässigkeit des Ganges der Betriebsmaschine, als die meisten sonstigen Betriebe. Daraus ergibt sich, dass man Dynamomaschinen am besten durch eine eigene Kraftmaschine betreibt, die ausserdem keine weitere Verwendung hat. Dies gilt insbesondere für Fabriken, die eine grössere Betriebsmaschine besitzen. Trotzdem möchte man im letzteren Falle, wenn, wie es häufig geschieht, überschüssige Kraft vorhanden ist, die Lichtmaschine an den gemeinsamen Motor mit anhängen und auf diese Weise den Strom verhältnismässig billig erzeugen. In manchen Fällen kann dies auch geschehen, wenn keine sehr hohen Ansprüche an die Gleichmässigkeit des Lichtes gestellt werden, oder wenn man Akkumulatoren mit zu Hülfe nimmt. Ist jedoch der Fabrikbetrieb derart, dass grössere Arbeitsmaschinen häufig aus- und eingerückt werden, was grössere vorübergehende Änderungen in der Geschwindigkeit der Betriebsmaschine zur Folge hat, so ist der gleichzeitige Antrieb von Dynamomaschinen für Beleuchtungszwecke nicht anzuraten.

Motoren, welche Lichtmaschinen treiben, sollen jedoch nicht nur in gleichen Zeiten eine gleiche Zahl von Umläufen machen, sondern müssen auch während des einzelnen Umlaufes möglichst gleichförmige Geschwindigkeit besitzen. Dies gilt besonders von Gasmotoren und langsam gehenden Dampfmaschinen und bedingt bei solchen die Anwendung schwerer Schwungräder, eventuell, wenn solche fehlen, die Anbringung einer geeigneten Schwungmasse auf der Welle der Dynamomaschine oder des etwa vorhandenen Vorgeleges. Man kann so die bei jedem Umgange der Motorwelle sich wiederholenden, für das Auge höchst lästigen kleinen Schwankungen der Lichtstärke beseitigen.

Die vorgenannten Anforderungen an die Betriebsmaschine, zu denen noch die einer vorzüglich soliden Bauart hinzukommt, machen das Vorhandensein einer empfindlichen, zuverlässig arbeitenden Regulirvorrichtung notwendig. Auch ist es sehr erwünscht, wenn mittels derselben die Tourenzahl nach Belieben dauernd etwas verändert werden kann. Die Notwendigkeit hierzu kann sich im Betriebe unter Umständen ergeben.

Die für den Betrieb von Lichtmaschinen am meisten in Betracht kommenden Motoren sind: Wasserkraftmaschinen, Dampfmaschinen und Gasmotoren.

40. Betrieb durch Wasserkraft. Der Betrieb durch Wasserkraft ist der billigste, soweit nur die unmittelbaren laufenden Kosten in Betracht kommen. Wo jedoch die erforderlichen Wasserbauten nicht schon vorhanden sind, sondern erst für die elektrische Anlage

eigens ausgeführt werden müssen, können, wegen der oft bedeutenden Kosten solcher Bauten, sowie des Grund und Bodens, die dauernden Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals sehr beträchtlich werden. Ferner ist Voraussetzung, dass das ganze Jahr über, insbesondere auch im Winter bei anhaltendem Froste, genügende Wassermenge vorhanden sei. Der langsame Umlauf der gewöhnlichen Wasserräder macht dieselben für den vorliegenden Zweck wenig geeignet, sodass wesentlich nur Turbinen in Betracht kommen. Bei diesen ist es in den letzten Jahren gelungen, die Vorrichtungen zur selbsttätigen Regulierung der Geschwindigkeit so weit zu verfeinern, dass sie darin guten Dampfmaschinen kaum mehr nachstehen, während sie die letzteren in der Gleichförmigkeit beim einzelnen Umlaufe bekanntlich übertreffen.

Noch eine andere Art des Betriebes durch Wasserkraft ist die, dass an einer Zentralstelle Druckwasser (mittels Dampf- oder auch Wasserkraftmaschinen) erzeugt und zur Verwendung für verschiedenartige Zwecke über ein grösseres Gebiet mittels Röhrenleitungen verteilt wird, und zwar bei einem Drucke von 50 und mehr Atmosphären. Dieses Druckwasser kann dann an Stellen, wo elektrische Beleuchtung erforderlich, die Anlage von Dampfkesseln oder dergl. jedoch nicht erwünscht ist, zum Betriebe einer Dynamomaschine verwendet werden. Die für solche Zwecke nach Art der Dampfmaschinen konstruierten Wassermotoren haben sich bislang, weil zu unökonomisch und zu wenig betriebssicher, nicht gut bewährt. Bessere Erfahrungen hat man mit Hochdruckturbinen gemacht, deren Welle horizontal steht und mit der Dynamomaschine direkt gekuppelt wird. (Vergl. die später folgende Abbildung Fig. 106.)

Die durchschnittlich doch immerhin geringen Kosten des Wasserbetriebes sind häufig die Ursache, dass elektrische Beleuchtung überhaupt eingerichtet wird, wie die rasche Vermehrung derartiger Anlagen in Gegenden mit vielen unausgenutzten Wasserkräften (Schweiz, Oberbayern, Oberitalien, Skandinavien) zeigt.

41. Dampfmaschinen. Dampfmaschinen sind, wenn die Forderungen der Billigkeit, des gleichförmigen Ganges und der Zuverlässigkeit gleichmässig berücksichtigt werden, die geeignetste Betriebskraft für Dynamomaschinen. Man hat die Wahl zwischen langsam gehenden Maschinen und sogen. Schnellläufern. Die ersteren verbrauchen am wenigsten Dampf und arbeiten mit verhältnismässig niederer Dampfspannung, sind also im Betriebe am billigsten und gefahrlosesten, auch sehr zuverlässig. Dafür beanspruchen sie viel Raum, eine höchst empfindliche Regulierung und machen in manchen Fällen eine zweimalige, häufig aber eine einmalige Riemen- oder andere Uebertragung notwendig. Bei rascher gehenden Maschinen

kommt man stets mit einer einzigen Übertragung aus, kann auch vielfach die Lichtmaschine direkt kuppeln. Dabei sind sie kleiner und lassen sich leichter regulieren. Dem gegenüber steht meist ein grösserer Dampfverbrauch für gleiche Leistung, höherer Dampfdruck und grössere Abnutzung, also ein kostspieligerer und vielleicht nicht ganz so sicherer Betrieb.

Es kann nicht allgemein entschieden werden, welche Art von Dampfmotoren unbedingt vorzuziehen sei, da örtliche Verhältnisse zuviel mitsprechen. Ist genug Platz vorhanden, so erhält man mit einer Maschine von mässiger Umlaufzahl den billigsten Betrieb, zumal wenn genügend Wasser zur Verfügung steht, um Kondensation anwenden zu können. Bei beschränktem Raume, wie im Innern grösserer Städte, ist die Verwendung von Motoren mittlerer oder hoher Geschwindigkeit vorteilhaft. Die Erfahrung zeigt, dass man sich von den eine Zeitlang sehr beliebten Schnellläufern stehender Anordnung, besonders bei grösseren Anlagen, wieder mehr zu liegenden, langsamer gehenden Maschinen wendet. Ueberall da, wo schon eine Dampfkesselanlage besteht, insbesondere in Fabriken, verringern sich die Betriebskosten, auch falls eine besondere Betriebsmaschine für die Beleuchtung aufgestellt wird, noch weiter, wenn der erforderliche Dampf den vorhandenen Kesseln entnommen werden kann.

Die Anzahl und Art der verschiedenen hier in Betracht kommenden Formen von Dampfmaschinen, wie ein-, zwei- und mehrcylindrige Hochdruckmaschinen, Zweifach- (Kompound-) und Dreifach-Expansionsmaschinen, für niedere und hohe Tourenzahl, ohne und mit Kondensation, sowie die Zahl der Firmen, welche solche bauen, ist heutzutage zu gross, als dass hier nähere Angaben über einzelne Typen gemacht werden könnten. Es mag bemerkt werden, dass die zunehmende Verwendung der Dampfmaschine zum Betriebe elektrischer Beleuchtungsanlagen mit dazu beigetragen hat, dass man in den letzten fünfzehn Jahren die Regulierung dieser Maschinen auf gleichmässige Umlaufsgeschwindigkeit zu verfeinern und ökonomisch arbeitende, schnelllaufende Typen zu bauen mit Erfolg bestrebt gewesen ist.

Häufig will man, bei Anlage eines elektrischen Beleuchtungsbetriebes mit Dampfmaschine, aus räumlichen oder sonstigen Rücksichten die Erbauung eines Kesselhauses und gemauerten Kamines umgehen. Für solche Fälle haben sich die sogen. stationären Lokomobilen mit Röhrenkesseln schnell eingebürgert. Die Dampfmaschine ist bei diesen auf dem Kessel montiert, und es ist nur ein Blechschornstein erforderlich, sodass an Raum und Kosten erspart wird. Dabei werden die Dampfmaschinen solide konstruiert und, schon

bei Typen von mässiger Grösse, mit zweifacher Expansion und Kondensation versehen, sodass sie gute, gleich grosse stationäre Maschinen, was die Wirtschaftlichkeit des Betriebes betrifft, nahezu erreichen. Derartige »stationäre Lokomobilen« werden von mehreren deutschen Firmen für Leistungen von 15 bis 100 Pferdestärken und darüber gebaut. Die Tourenzahlen liegen ungefähr zwischen 120 und 90 in 1 Min., die Durchmesser der normalen Riemenscheiben, die zugleich als Schwungräder dienen, je nach Grösse der Maschine, zwischen 1500 und 2500 *mm*.

42. Gasmotoren. Sehr häufig finden Gasmotoren zum Betriebe elektrischer Beleuchtungsanlagen Verwendung, seitdem es, zuerst durch Einführung von Zwillingsmaschinen, dann durch Vervollkommnung der Betriebsweise und Regulierung der einzylindrigen Motoren und Anwendung schwerer Schwungräder gelungen ist, die erforderliche Gleichmässigkeit der Umlaufsgeschwindigkeit zu erreichen. Der durch Fortfall der Erzeugung der motorischen Substanz an Ort und Stelle erreichte geringe Raumbedarf, womit zugleich, insbesondere bei kleinen Anlagen, die Anschaffungs- und Wartekosten verringert werden, die Möglichkeit, den Betrieb fast augenblicklich beginnen und ebenso rasch wieder beendigen zu können, sowie die an keine Konzession gebundene Aufstellung an beliebigen Orten bilden die Vorzüge dieser Maschinen. Denselben stehen gegenüber: der bei Verwendung von Leuchtgas teure Betrieb (dessen Kosten allerdings je nach dem Gaspreise von Ort zu Ort erheblich schwanken können), die Notwendigkeit, den Motor »andrehen« zu müssen, was oft recht mühsam ist und in grösseren Anlagen die Einrichtung besonderer Vorrichtungen für diesen Zweck nötig macht, endlich die sehr häufigen Reinigungen.

Die am meisten angewendeten liegenden Gasmotoren mit 1 oder 2 Zylindern werden z. Z. für Leistungen von 1 bis mehreren hundert PS in zahlreichen Abstufungen gebaut. Die Tourenzahlen sind, bei gleicher Modellgrösse, bei den verschiedenen Fabriken ziemlich übereinstimmend und betragen: bei einer Leistung von 3 PS ungefähr 235 in 1 Min., bei 5 PS ca. 220, bei 10 PS ca. 180, bei 20 PS ca. 160, 50 PS ca. 145, 100 PS ca. 130.

Wie bei den Dampfmaschinen hat auch bei den Gasmotoren die Verwendung in elektrischen Anlagen günstig gewirkt. Es ist mit der Zeit gelungen, die Regulierung dieser Motoren erheblich zu verbessern, ganz besonders aber auch den Gasverbrauch zu vermindern, endlich in der Ausbildung der sogen. Kraftgasapparate ein Mittel zu finden, um selbst in relativ kleinen Anlagen eine sehr günstige Ausnützung des Brennstoffes und damit billigen Betrieb zu erreichen.

43. Wahl der Betriebskraft. Nach den im vorstehenden kurz aufgezählten Besonderheiten der verschiedenen Motoren lässt sich im Einzelfalle die Frage, welche Art von Betriebsmaschinen zu wählen sei, wenigstens ganz allgemein entscheiden. Für grössere Anlagen, etwa von 25 Pferdestärken aufwärts, bildet, von Wasserkraft abgesehen, die Dampfmaschine fast immer das geeignetste Betriebsmittel. Die höheren Einrichtungskosten im Vergleich mit Gasmotorenbetrieb treten in diesem Falle gegenüber den geringeren Kosten des Betriebes zurück, wenn man von der Anwendung des sogen. Kraftgases absieht. In sehr wasserreichen Gegenden liegen wiederum die Verhältnisse für den ausschliesslichen Wasserbetrieb günstiger, und es kann, wie erwähnt, das Vorhandensein der billigen Wasserkraft die Ursache sein, dass elektrische Beleuchtung überhaupt zur Anwendung kommt. Reicht die erstere dagegen nicht zu allen Jahreszeiten oder überhaupt nicht aus, sodass Dampfbetrieb zu Hülfe genommen werden muss, so kann die Wasserkraft, insbesondere bei hohem Kohlenpreise, die Dampfmaschine teilweise entlasten und den Betrieb billiger machen. Je kleiner eine in Aussicht genommene Anlage werden soll, um so günstiger gestalten sich die Verhältnisse für Verwendung eines Gasmotors. Für einen Kraftbedarf bis zu 10 PS ist letzterer unbedingt der Dampfmaschine vorzuziehen, falls nicht eine Kesselanlage schon für andere Zwecke vorhanden ist. Besondere örtliche Verhältnisse können aber auch für bedeutend grössere Betriebe die Wahl eines Gasmotors vorteilhaft machen. Hierbei ist aber vorausgesetzt, dass der Preis des für technische Zwecke verwendeten Leuchtgases mässig und gegenüber dem direkt zur Beleuchtung verbrauchten entsprechend herabgesetzt sei, oder dass man »Kraftgas« benutzt.

Ueber Anlage- und Betriebskosten bei Dampf- und bei Gasmotorenbetrieb finden sich im Abschnitt VIII nähere Angaben.

Motoren, welche durch Petroleum, Benzin, Spiritus, heisse Luft, Pressluft u. s. w. gespeist werden, beginnen neuerdings ebenfalls, jedoch gewöhnlich nur in speziellen Fällen, als Betriebskraft für elektrische Beleuchtungsanlagen Eingang zu finden. Petroleum- und Benzinmotoren eignen sich z. B. recht gut für transportable, nur zeitweise zu benutzende Beleuchtungseinrichtungen; doch ist die Verwendung aller dieser Motoren noch zu vereinzelt und die Erfahrung über ihre Brauchbarkeit für den vorliegenden Zweck noch zu gering, als dass sie hier eingehender behandelt werden könnten.

Verbindung der Betriebsmaschine mit der Dynamomaschine.

44. Direkte Kupplung. Sehr wesentlich für das gute Funktionieren eines Lichtbetriebes ist die Art und Weise, wie die von dem

treibenden Motor gelieferte mechanische Arbeit der Dynamomaschine zugeführt wird. Je weniger Zwischenglieder dabei zu Hülfe genommen zu werden brauchen, um so mehr steigt, ganz abgesehen von Arbeitsverlusten, die Betriebssicherheit. Darum ist die *direkte Kupplung* die beste Art der Uebertragung. Diese ist indessen nur bei grossen Dynamomaschinen ohne weiteres anwendbar, da die Umlaufszahl entsprechend klein sein muss. Aus letzterem Grunde sind mittelgrosse Maschinen für direkte Kupplung an sich schon

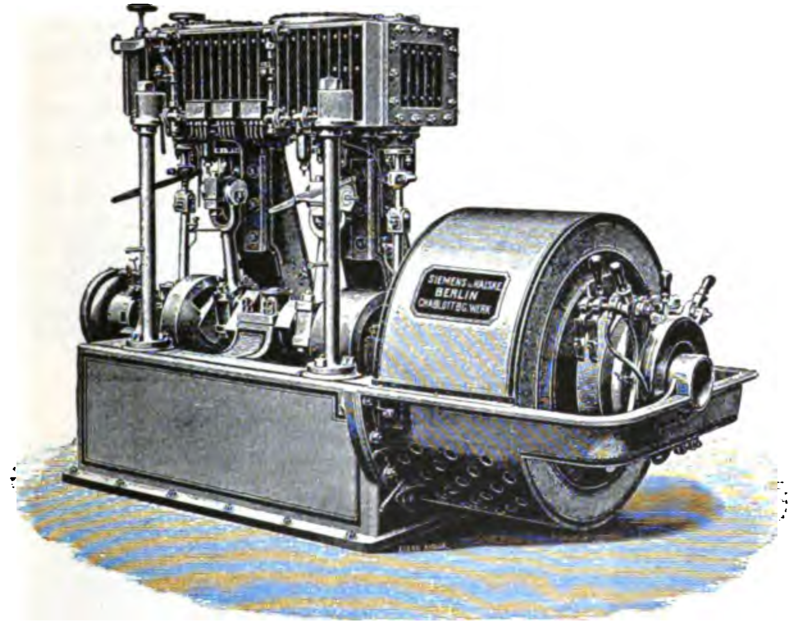


Fig. 96.

teuerer als schneller laufende Maschinen für die gleiche Leistung, weil die ersteren, wie in **17** erwähnt, grösser gebaut sein müssen, um genügende Geschwindigkeit der Bewegung der Ankerdrähte zu erreichen. Es findet deswegen für gewöhnlich die direkte Verbindung mit einer Dampfmaschine erst bei Lichtmaschinen für einen Arbeitsbedarf von etwa 25 PS an aufwärts, und auch da noch lange nicht immer, Anwendung.

Unter besonderen Umständen jedoch ist man ausschliesslich, auch bei Dynamomaschinen für viel geringere Leistung, auf direkte Kupplung angewiesen, so z. B. wenn nur sehr wenig Raum für die Maschinenanlage verfügbar ist und dabei allenfalls der erforderliche Dampf aus schon vorhandenen Kesseln entnommen werden kann.

Dieser Fall liegt häufig vor bei Lichtanlagen, die in verkehrsreichen Vierteln grosser Städte oder in Fabriken errichtet oder vergrössert werden sollen. Ferner verwendet man auf Dampfbooten, die heutzutage in sehr grosser Anzahl mit elektrischer Beleuchtung versehen sind, schon mit Rücksicht auf die Schwankungen des Schiffes, nur fest verbundene Maschinensätze.

Für die genannten Fälle und noch andere liefern mehrere Firmen die Dynamomaschine gleich mit einer schnelllaufenden Dampfmaschine auf gemeinsamem Gestelle zusammengebaut, als sogen. **Dampfdynamo.** Eine solche kann, bei kleineren Typen, als ein Stück transportiert und auch bei grösserer Leistung leicht und bequem auf einem und demselben Fundament montiert werden.

Nachstehend sind eine Anzahl derartiger Dampf-Dynamomaschinen verschiedener Herkunft abgebildet und Zahlenangaben über dieselben in Tabellenform beigefügt.

Von den in **37** beschriebenen Innenpolmaschinen von **Siemens & Halske** sind die langsamlaufenden sämtlich für direkte Kupplung bestimmt. In Fig. 96 ist eine mit besonderem Kollektor versehene Innenpolmaschine, welche mit einer Kompound-Dampfmaschine zusammengebaut ist, abgebildet. Von derartigen kleineren Dampfdynamos liefert die Firma folgende Grössen:

Tabelle 20.

Dampf-Dynamomaschinen von **Siemens & Halske.**

Modell-Bezeichnung	Elektrische Leistung Kilowatt	Effektive Leistung der Dampfmaschine PS	Höchste Tourenzahl
J 32/16	20	37	600
» 32/19	26	48	600
» 36/22	34	61	500
» 40/24	47	80	450

Diese Maschinen werden für Normalspannungen von 65 und 110 Volt gebaut.

Ferner ist schon Fig. 95 (S. 88) eine grosse Innenpolmaschine von Siemens & Halske, ohne besonderen Kollektor, zusammen mit der sie antreibenden 1200pferdigen Dreifach-Expansions-Dampfmaschine abgebildet.

Auch die neuere Type Modell LA wird als Dampfdynamo ausgeführt.

Die **Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft** baut ihre grossen Dynamomaschinen, Modell F und EF, vielfach für direkte Kupplung. Von den kleineren Typen werden einige gängige Modelle mit passenden Einzylinder- oder Kompounddampfmaschinen als Dampfdynamos zusammengebaut. Diese sind in der folgenden Tabelle aufgeführt, und zwar sind die Dynamomaschinen der Type NG mit Einzylinderdampfmaschinen, die SG-Dynamomaschinen mit Verbund-Dampfmaschinen gekuppelt. Sämtliche Dampfmaschinen können nach Bedarf mit Kondensation versehen werden. Fig. 97 zeigt eine NG-Dynamomaschine mit einer Einzylinderdampfmaschine gekuppelt. Die Dynamomaschinen werden normal für 65 oder 110 bis 120 Volt Spannung gebaut. Die Eintrittsspannung des Dampfes ist 6 bis 8 *kg* auf 1 *qcm* für die Einzylinder- und 8 bis 10 *kg/qcm* für die Verbundmaschinen.

Tabelle 21.

Dampf-Dynamomaschinen der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft.**

Type	Modell der verwendeten Dynamomaschine	Elektrische Leistung Kilowatt	Effektive Leistung der Dampfmaschine PS	Touren in 1 Min.	Gesamtgewicht Tonnen
DD 50	NG 50	3,3— 3,9	5,3— 6,2	650—750	0,90
» 75	» 75	4,1— 4,9	6,5— 7,5	500—580	1,24
» 100	» 100	5,5— 6,5	9,0—10,5	475—530	1,72
ESD 150	SG 150	9,0— 9,7	15,0—16,5	465—470	1,66
» 200	» 200	13,4—14,6	21,5—23,5	440—450	2,24
» 300	» 300	18,0—19,5	29,0—31,0	365—370	2,95
CSD 150	SG 150	9,0— 9,7	15,0—16,5	465—470	2,01
» 200	» 200	13,4—14,6	21,5—23,5	440—450	2,76
» 300	» 300	18,0—19,5	29,0—31,0	365—370	3,51
» 400	» 400	24,0—26,0	37,5—41,5	355—360	4,61
» 600	» 600	40,2	62	320	6,00
» 800	» 800	64,8	100	250	8,95
» 1000	» 1000	84,0	127	200	12,3

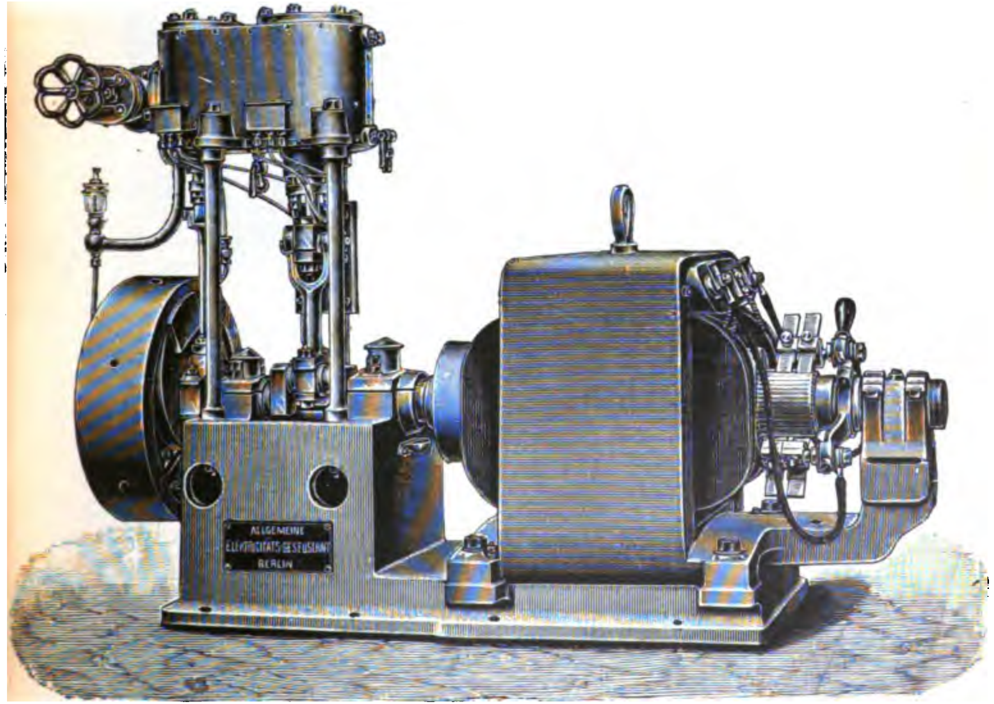


Fig. 97.

Dampf-Dynamomaschinen der »**Aktien-Gesellschaft Elektricitätswerke**«, **vormals O. L. Kummer & Co.** in Dresden.

Die Dynamomaschinen werden für Spannung von 67 oder 120 Volt, oder (zum Akkumulatorenbetrieb) für veränderliche Spannung eingerichtet. Die

kleineren Modelle sind vierpolig, die grösseren sechs- oder mehrpolig. Die Dampfmaschinen werden für Admissionsdrucke von 5 bis 12 Atmosphären geliefert und von Modell Mc aufwärts auf Wunsch mit Einspritzkondensation versehen. Modell Aeb bis Ge besitzen einzylindrige (Fig. 98), Modell Fc bis Lc Kompound- (Fig. 99), Modell Mc bis Tc Dreifach-Expansions-Dampfmaschinen.

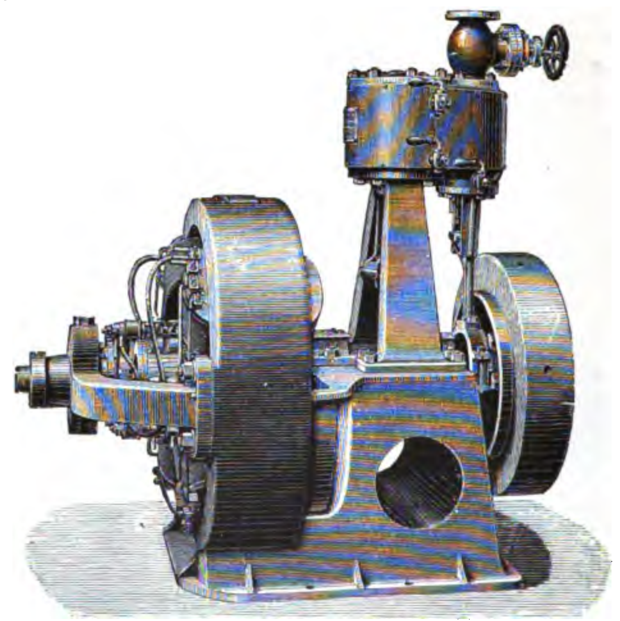


Fig. 98.

Tabelle 22. Dampf-Dynamomaschinen von O. L. Kummer & Co.

Modell-Bezeichnung	Schnell laufend: Elektr. Leistung Kilowatt	Effektive Leistung der Dampfmaschine ca. PS	Touren in 1 Min.	Modell-Bezeichnung	Langsam laufend: Elektr. Leistung Kilowatt	Effektive Leistung der Dampfmaschine ca. PS	Touren in 1 Min.
Aeb	1,3	2,6	1000	De	1,9	3,8	350
Deb	2,8	5,5	500	Ee	2,9	5,6	350
De	2,8	5,5	500	Fe	4,0	7,4	300
Ee	4,1	7,7	500	Ge	6,3	11,2	300
Fe	6,0	10,9	450				
Ge	9,5	16,7	450	Fc	4,0	7,5	300
				Gc	6,3	11,5	300
Fc	6,0	11,0	450	Hc	9,6	16,4	300
Gc	9,5	16,5	450	Jc	17,0	28,0	275
Hc	14,5	24,0	450	Kc	25	40	275
Jc	24,0	39	400	Lc	33	50	275
Kc	36,0	56	400	Mc	44	68	250
Lc	48,0	73	400	Nc	60	91	220
				Grösste normale Type:			
				Tc	300	440	90

Ausser den angeführten bauen noch verschiedene andere deutsche Firmen Dampf-Dynamomaschinen, teils in regelmässiger Fabrikation, teils für besondere Fälle.

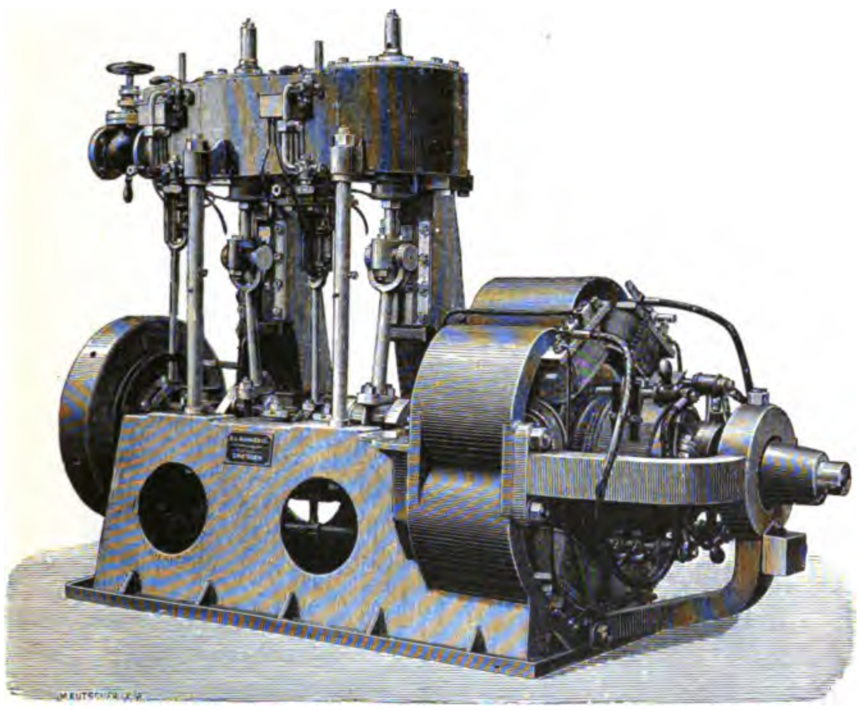


Fig. 99.

Von Interesse ist noch die Anwendung der sogen. **Dampfturbinen** zum Antriebe von Dynamomaschinen. Schon vor etwa 15 Jahren kuppelte Parsons die Welle seiner langgestreckten Dampfturbine, bei welcher der Dampf mehrere auf derselben Welle sitzende Turbinenräder nach einander durchströmt und antreibt, unmittelbar mit einer Dynamomaschine. In verbesserter Form finden diese Turbinen heute wieder Anwendung, z. B. in einer Grösse von ca. 1200 PS im Elektricitätswerke Elberfeld, von ca. 4000 PS bei 750 Touren pro Minute im Elektricitätswerke Frankfurt a. M. Da die Firma Brown, Boveri & Co. den Bau dieser Maschinen jetzt aufgenommen hat, dürften sie besonders auch für kleinere Leistungen bald Verbreitung gewinnen. Sie eignen sich ihrer Tourenzahl nach sehr gut zur direkten Kupplung mit Dynamomaschinen.

In den letzten Jahren ist die von der Parson'schen wesentlich abweichende Dampfturbine von de Laval vielfach und mit zunehmendem Erfolge im Auslande und dann auch in Deutschland zur An-

wendung gekommen. Diese besitzt nur ein Laufrad, gegen welches der Dampf durch eine mehr oder weniger grosse Zahl von schräg gestellten Düsen geführt wird. Ein Teil der letzteren kann nach Belieben von Hand abgesperrt werden, was sich bei geringer Belastung empfiehlt. Ausserdem ist eine empfindliche Reguliervorrichtung vorhanden, welche das Drosselventil beeinflusst. Die Maschine gestattet, Dampf von beliebigem Druck anzuwenden. Der Dampfverbrauch nimmt mit wachsendem Drucke ab und beträgt, nach Angabe der Erbauer, bei kleinen Turbinen mit Auspuff etwa 20—22 *kg*, bei grossen Maschinen und Anwendung von Kondensation nur 9—10 *kg* für 1 eff. PS-Stunde.

Die Dampfturbine von de Laval besitzt bei gegebener Arbeitsleistung eine so hohe Umdrehungszahl, dass sie mit einer für die

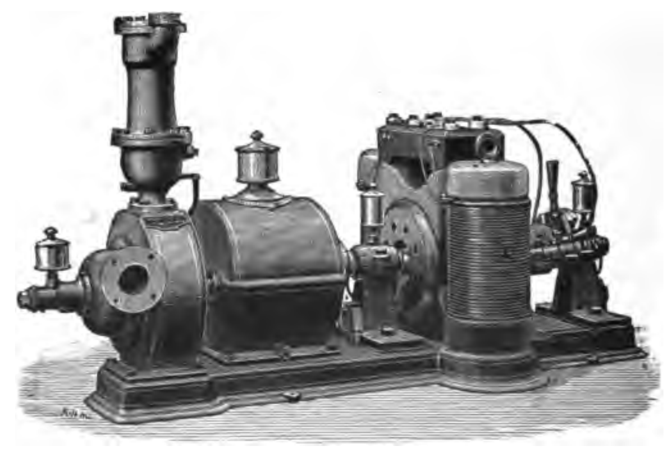


Fig. 100.

gleiche Leistung bestimmten Dynamomaschine nicht unmittelbar gekuppelt werden kann. Es muss vielmehr eine Uebersetzung der Tourenzahl in's Langsame stattfinden. So dreht sich beispielsweise eine 10 pferdige de Laval'sche Turbine etwa 20000 Mal in 1 Minute, während eine Dynamomaschine, welche 10 PS bei voller Belastung verbraucht, gewöhnlich nicht über 1200 Touren macht. Die de Laval'schen Dampfturbinen sind daher stets mit einem Zahnradvorgelege versehen, das die Tourenzahl z. B. im Verhältnis von 15 : 1 reduciert. Die Zahnräder bestehen aus Bronze oder Stahl und haben schräg gestellte Zähne.

Entsprechend der hohen Umlaufszahl sind die Abmessungen dieser Turbinen sehr klein. Die grösste Länge, Breite und Höhe betragen z. B. bei einer 10 pferd. Maschine, einschliesslich Zahnradvorgelege und Rohransätzen für den Dampfzu- und Abfluss

1000 : 500 : 985 *mm*. Der Durchmesser des Schaufelrades beträgt 170 *mm*, der der Welle ca. 10 *mm*. Von dem beanspruchten Raume entfällt der grösste Teil auf das Vorgelege und die Ansatzrohre. Fig. 100 zeigt eine etwa 10 pferd. de Laval'sche Turbine, deren Vorgelegewelle mit einer Dynamomaschine direkt gekuppelt ist. Das Gehäuse ganz links, auf welchem der verticale Rohransatz sitzt, enthält die Turbine, das grössere Gehäuse rechts davon das Vorgelege. Bei grösseren Maschinen lässt man durch die Turbinenwelle zwei Vorgelege antreiben und kuppelt mit jedem der letzteren je einen Anker einer zweiankerigen Dynamomaschine. In Fig. 101 ist eine derartige Kombination von ca. 50 PS eff. Leistung der Turbine abgebildet.

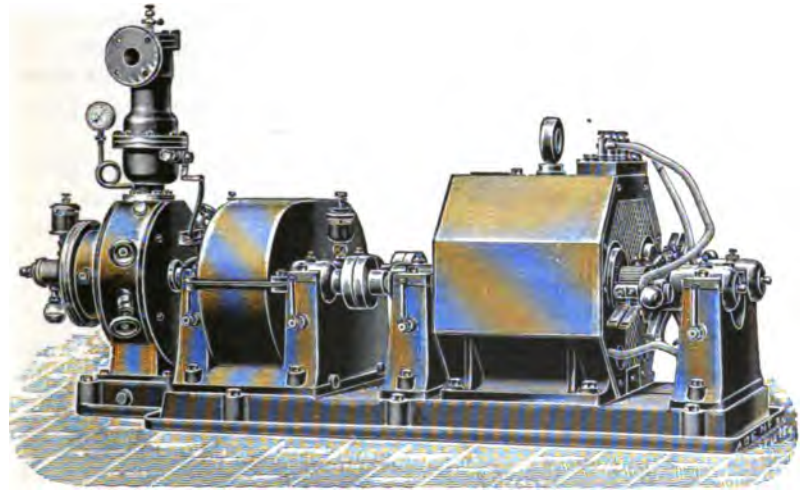


Fig. 101.

In Deutschland werden die Dampfturbinen von de Laval von der »Maschinenbau-Anstalt Humboldt« in Kalk bei Köln ausgeführt. Diese Fabrik bringt auch »Turbinen-Dynamos« in folgenden Grössen in den Handel:

Tabelle 23.

Turbinen-Dynamos mit de Laval'scher Dampfturbine.

Leistung der Turbine, eff. PS		5	10	15	20	30	40	50	75	100	200	300
Elektrische Leistung, Kilowatt		3,00	6,11	9,42	12,58	19,1	25,2	32,2	48,5	66,0	132	198
Tourenzahl der Dyn.-Maschine		3000	2400	2400	2000	2000	2000	1500	1250	1050	920	850
Raumbedarf in Millim.	Länge	1700	1850	2000	2230	2320	2450	2640	3020	3470	4450	4900
	Breite	500	730	750	900	900	950	1000	1100	1230	1460	1950
	Höhe	800	1000	1000	1100	1100	1100	1360	1320	1460	1700	1800

Wie aus vorstehender Tabelle ersichtlich, lässt man die Dynamomaschinen etwas schneller laufen, als es sonst bei Maschinen für die gleichen Leistungen gebräuchlich ist. Die Turbinen-Dynamos bis zu 30 PS werden normal für 110 Volt Spannung eingerichtet. Die grösseren Typen besitzen zwei Anker für je 110 Volt, die sich nach Belieben parallel oder in Serie schalten lassen. Die Maschinen werden auf Wunsch auch für andere Spannungen geliefert.

Die wesentlichen Vorzüge der Dampfturbinen sind ihr ausserordentlich geringer Raumbedarf, die grosse Gleichförmigkeit der Umdrehungsgeschwindigkeit und der niedere Preis. Lästig ist dagegen das Geräusch, welches das Zahnradvorgelege der de Laval'schen Turbine verursacht.

Gasdynamo. Dieselben Gründe, welche zur unmittelbaren Verbindung von Dynamomaschinen mit Dampfmaschinen geführt haben, sind auch die Veranlassung gewesen, dass man versucht hat, die Dynamomaschine mit einem Gasmotor direkt zusammenzubauen. Man ist dadurch in den Stand gesetzt, eine Maschinenanlage für elektrische Beleuchtung auf sehr kleinem Raume und an jedem beliebigen Orte unterzubringen, wenn nur Leucht- oder Kraftgas daselbst zu erhalten ist. Die übrigen, durch die direkte Kupplung erreichten Vorzüge sind die nämlichen wie bei der Dampfdynamomaschine.

Dagegen liegen die Verhältnisse insofern nicht ganz so günstig wie bei dieser, als bei gleicher Leistung Gasmotoren nicht für so hohe Tourenzahlen gebaut werden können, wie Dampfmaschinen. Es liegen die Umdrehungszahlen z. B. bei Gasmotoren von 2 bis 125 PS zwischen 260 und 120 in 1 Min. Dadurch wird man gezwungen, die Dynamomaschinen verhältnissmässig sehr gross zu bauen, um annähernd dieselbe Umfangsgeschwindigkeit des Ankers wie bei normalen, schnell laufenden Dynamomaschinen zu erreichen. Um sie aber nicht allzu teuer werden zu lassen, muss man sich dennoch mit einer kleineren Umfangsgeschwindigkeit des Ankers, als der gewöhnlich angewendeten, begnügen. Infolgedessen fällt der Wirkungsgrad einer solchen Dynamomaschine etwas geringer aus, als der einer mit normaler Umfangsgeschwindigkeit laufenden. Immerhin kann man jedoch in dieser Beziehung einen etwas grösseren Verlust zulassen, da ja die Übertragung der Arbeit von der Gas- auf die Dynamomaschine ohne Verlust geschieht. Auch der etwas höhere Preis der letzteren wird durch den Wegfall von Riemen, Vorgelegen und von besonderen Fundamenten oder Trägern für diese, sowie durch die Ersparnis an Raum annähernd wieder aufgewogen.

In Fig. 102 und 103 ist »**Körting's** Gasdynamo« abgebildet, die von **Gebrüder Körting** in Körtingsdorf bei Hannover gebaut wird. Der Gasmotor ist ein einzylindriger sogen. Präzisionsmotor mit besonders schwerem Schwungrade. Bei diesem ist die erforderliche Gleichmässigkeit der Geschwindigkeit bei veränderlicher Leistung dadurch erreicht, dass nicht die Anzahl der in gleicher Zeit erfolgenden Explosionen, sondern die Stärke der einzelnen Gasladungen verändert wird.

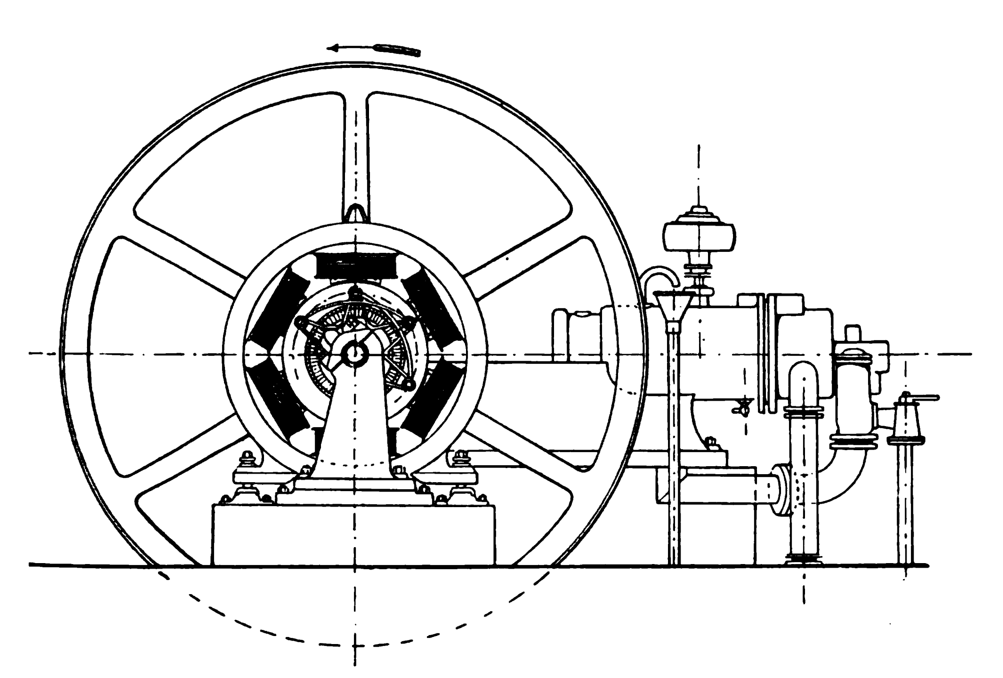


Fig. 102.

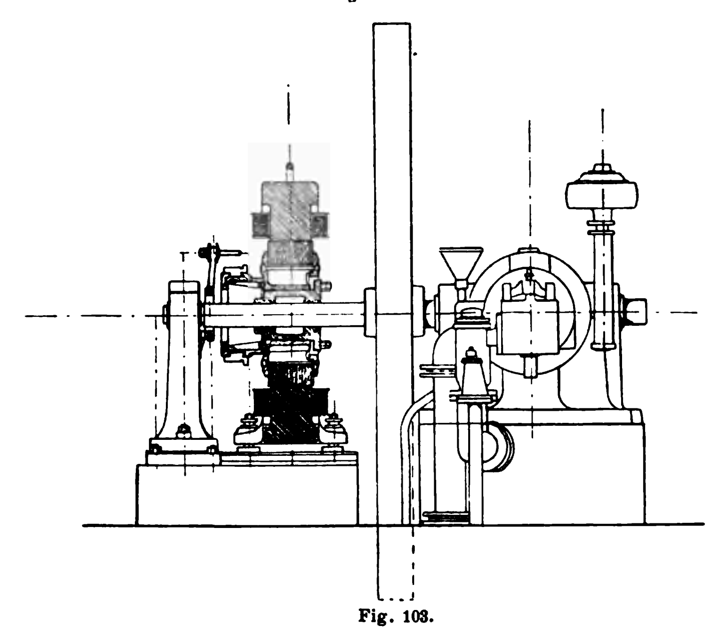


Fig. 103.

Nur bei den kleinsten Modellen, bis zu 6 PS, wird der Anker der Dynamomaschine auf die verlängerte Gasmotorwelle ausserhalb des einen Lagers »fliegend« aufgesetzt. Schon von 8 PS ab ist ein drittes Lager auf der äusseren Seite des Ankers vorhanden. Der Anker besitzt schmale Nuten und ist mit einer in Schablonen hergestellten Trommelwickelung versehen. Der gusseiserne Magnetkranz kommt mit dem Aussenlager auf ein besonderes Steinfundament, neben das der Gasmaschine, zu stehen. Bei den grösseren Modellen ist das Magnetgestell durch einen Horizontalschnitt in zwei Hälften geteilt. Die Zahl

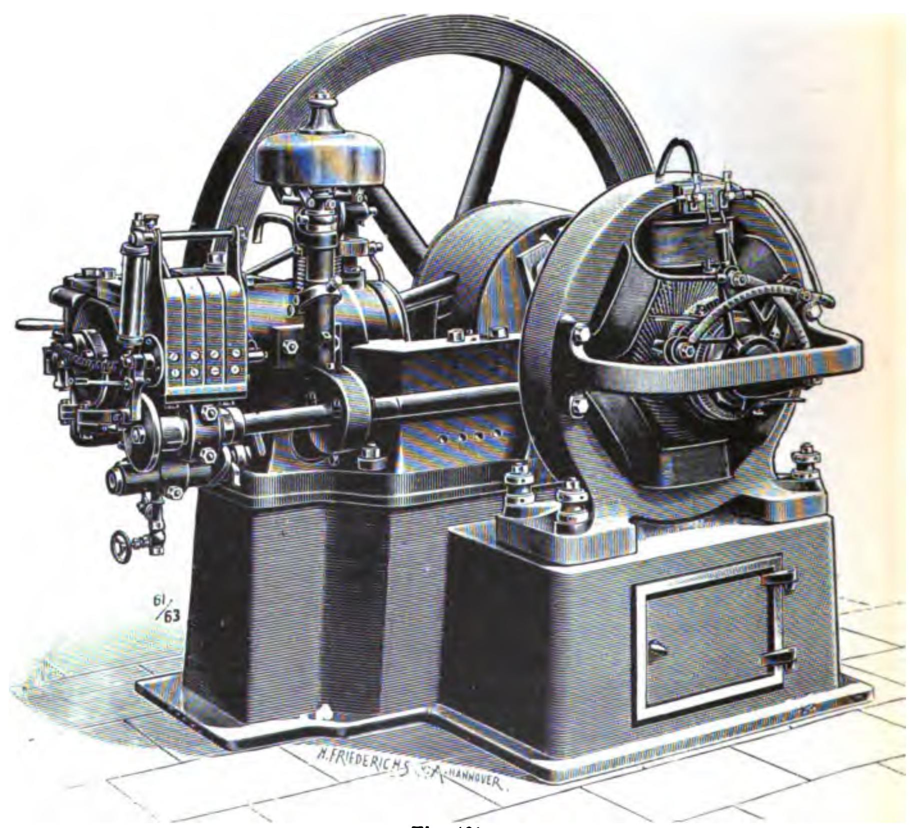


Fig. 104.

der Pole beträgt bei den 2- und 3-pferdigen Gasdynamos 4, von 4 bis 16 PS 6, von 20 PS an aufwärts 8 und mehr.

Während Fig. 102 und 103 eine 16pferdige Maschine darstellen, ist in Fig. 104 eine 6pferdige Gasdynamo mit »fliegendem« Anker abgebildet. Der an dem Magnetgestelle befestigte horizontale Bügel trägt lediglich die Bürstenbrücke.

Die Gasmaschinen werden bis zu einer Leistung von 150 PS einzylindrig, darüber hinaus, bis 300 PS, zweizylindrig ausgeführt. Für Leistungen von 400 PS an kommen Zweizylindermaschinen zur Anwendung, bei denen jeder Zylinder im Zweitakt doppeltwirkend arbeitet. Fig. 105 zeigt eine Gasdynamo für 125 PS mit einzylindriger Gasmaschine.

Die Dynamomaschinen erhalten gewöhnlich Nebenschlusswickelung und werden normal für Spannungen bis zu den in der folgenden Tabelle 24 angegebenen Grenzen gebaut.

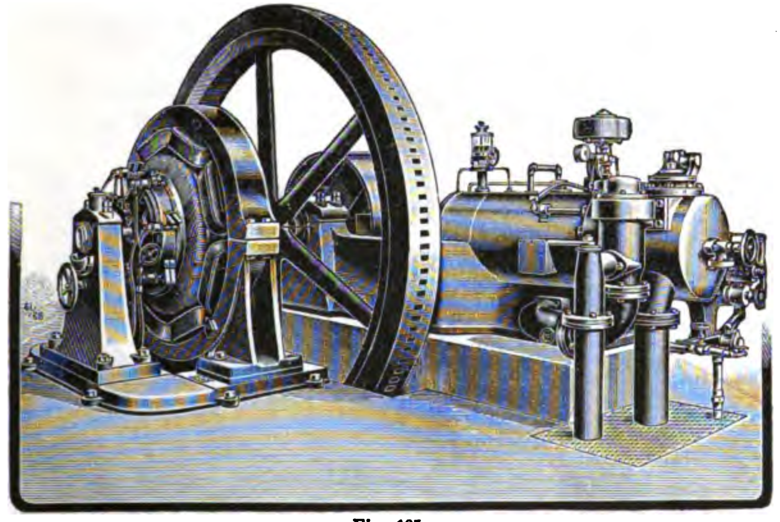


Fig. 105.

Tabelle 24. **Körting's Gasdynamo.**

Elektr. Leistung Kilowatt	Arbeits-verbrauch ca. PS	Touren in 1 Min.	Maximale Spannung Volt	Raumbedarf ca. Länge *mm*	Raumbedarf ca. Grösste Breite *mm*	Raumbedarf ca. Höhe *mm*	Gewicht *kg*
1,0	2	260	110	1540	1080	1400	1 000
1,6	3	260	110	1670	1160	1460	1 150
2,2	4	240	110	1840	1240	1520	1 450
3,5	6	240	110	1970	1330	1570	1 800
4,8	8	220	220	2190	1790	1750	2 600
6,1	10	220	220	2440	1840	1810	3 300
7,4	12	200	220	2780	1950	1930	4 050
8,7	14	200	220	3050	2040	2050	4 650
10,0	16	200	500	3210	2100	2050	5 400
12,6	20	190	500	3500	2320	1990	6 700
15,9	25	190	500	3670	2440	2140	8 400
19,3	30	170	500	3980	2560	2260	10 650
22,7	35	170	500	4290	2600	2360	12 700
26,0	40	160	500	4650	2790	2520	13 300
33,0	50	160	500	4910	3060	2630	17 550
40,0	60	140	500	5340	3600	2840	22 250
53,5	80	140	500	5830	3780	2920	29 350
67,0	100	130	500	6390	3910	3300	37 200
85,0	125	120	500	6940	4460	3510	45 400

Die Gasdynamos von Gebr. Körting werden häufig in Verbindung mit sogen. Kraftgasanlagen eingerichtet, welche ein zur Speisung der Gasmotoren geeignetes Gas sehr billig zu erzeugen gestatten. Die Betriebskosten stellen sich in diesem Falle höchstens so wie bei Dampfbetrieb. Näheres ergibt ein

bezügl. Beispiel im VIII. Abschnitt. Auch »Benzingasdynamos« sind schon ausgeführt worden, welche durch Benzin gespeist werden, dessen Vergasung in der Maschine selbst erfolgt.

Endlich bauen Gebr. Körting auch gewöhnliche Dynamomaschinen für schnelle und langsame Umlaufszahl, erstere bis zu einer Leistung von 250, letztere bis zu 1000 Kilowatt.

Turbinen-Dynamo. Die direkte Kupplung einer Dynamomaschine mit einer horizontal rotierenden Wasserturbine für elek-

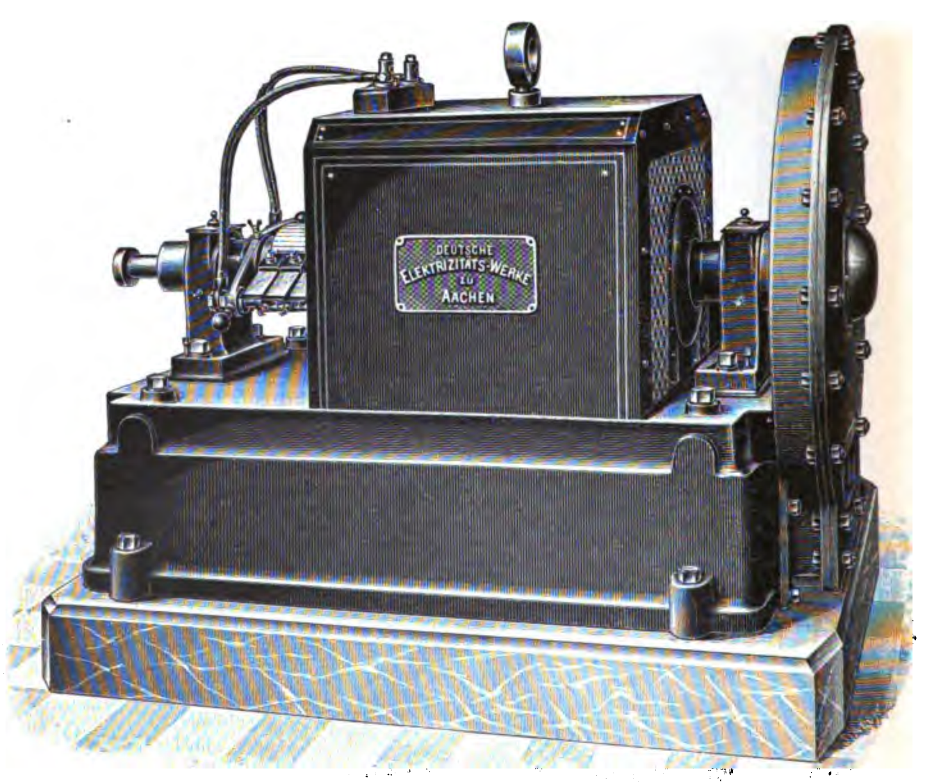


Fig. 106.

trische Beleuchtung und zu anderen Zwecken wird schon seit Jahren in der Weise ausgeführt, dass man den Anker der Dynamomaschine auf die senkrecht stehende Turbinenwelle aufsetzt. Anlagen dieser Art sind z. B. in der Schweiz vielfach in Gebrauch. Auch hat man, wie schon unter **40** erwähnt, mit Erfolg versucht, schnelllaufende Hochdruckturbinen, die in einer Vertikalebene sich drehen, unmittelbar auf der Welle einer in der gewöhnlichen Weise aufgestellten Dynamomaschine anzubringen. Fig. 106 zeigt die Kombination einer zweipoligen Lahmeyer-Maschine der »Deutschen

Elektricitätswerke« mit einer 60 pferdigen van Rysselberghe'schen Hochdruckturbine. Da die Turbine mit derselben hohen Tourenzahl wie die Dynamomaschine läuft und durch Druckwasser von 50 bis 60 Atmosphären gespeist wird, so besitzt sie ausserordentlich geringe Abmessungen. Beide Maschinen zusammen beanspruchen nur unwesentlich mehr Raum als die Dynamomaschine allein. Turbinendynamos dieser Konstruktion wurden in dem Elektricitätswerke der Stadt Antwerpen einige Jahre lang verwendet.

In der Schweiz setzt man auf die Welle derartiger Hochdruckturbinen mit senkrechter Drehungsebene häufig noch ein Schwungrad.

45. Riemenbetrieb. Am häufigsten geschieht, bei Einzelanlagen und auch Blockzentralen, die Übertragung der Arbeit mittels Treibriemen. Diese sind in der Mehrzahl der Fälle die gewöhnlichen Lederriemen, und die unten folgenden Angaben über Riemenberechnung beziehen sich nur auf solche. Will man Baumwollriemen oder die zum Betriebe von Dynamomaschinen ebenfalls hier und da benutzten Glieder-Kettenriemen verwenden, so folgt man am zweckmässigsten den Anleitungen der bezüglichen Spezialfabriken. Der Riemen ist auf die beiden auf der treibenden und der getriebenen Welle sitzenden Riemenscheiben mit einer gewissen Spannung aufgelegt (Fig. 107). Im Ruhezustande ist diese Spannung in beiden Riemenhälften dieselbe. Beginnt die treibende Welle zu laufen, so zieht deren Scheibe den einen Riementeil auf sich herauf und dadurch die Riemenscheibe der zu treibenden Welle mit herum, wodurch die Spannung T_1 in der auflaufenden Riemenhälfte (gewöhnlich ziehendes oder führendes Riementrum genannt) zunimmt, während in dem von der treibenden Riemenscheibe ablaufenden Riementeil (dem gezogenen oder geführten Riementrum) die Spannung T_2 abnimmt. Die in Kilogramm gemessene Zugkraft P, welche am Umfange der getriebenen Riemenscheibe wirkt, ist gleich der Differenz der Spannung im ziehenden und im gezogenen Riementeil:

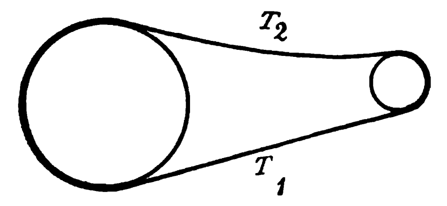


Fig. 107.

$$P = T_1 - T_2.$$

Da eine mechanische Arbeitsleistung das Produkt ist aus einer Kraft in den Weg, auf welchem die Kraft in einer Sekunde wirkt, so hat man, um die durch den Riemen in einer Sekunde übertragene Arbeit A zu finden, die am Umfange der getriebenen Riemenscheibe wirkende Zugkraft P (Differenz der Riemenspannungen) mit dem in Metern gemessenen Wege zu multiplizieren, den der Riemen in einer

Sekunde zurücklegt. Bezeichnet man diesen Weg, die sogen. Riemengeschwindigkeit, mit *r*, so ist die übertragene Leistung:

$$A = Pv \text{ oder } = (T_1 - T_2)\, v \text{ Meterkilogramm pro Sekunde.}$$

Sieht man von der Gleitung des Riemens auf der getriebenen Scheibe ab, so findet man die Riemengeschwindigkeit *v* aus dem Umfang der Scheibe und der Umdrehungszahl *n* derselben in 1 Minute, wenn *r* der Halbmesser der Scheibe in Metern,

$$v = \frac{2\,r\pi n}{60}, \text{ also } A = P\frac{2\,r\pi n}{60}\ mkg \text{ pro Sek.}$$

oder
$$A = P\frac{2\,r\pi n}{60 \times 75} \text{ Pferdestärken}$$

oder, da $\frac{2\,\pi}{60 \times 75} = 0{,}001\,396$, $A = 0{,}001\,396\ Prn;\ P = 716\ \frac{A}{nr}$.

46. Die Breite und Dicke des Riemens richten sich nach dem Betrage der Zugkraft *P*, welche im Maximum in ihm wirken soll, da die Spannung, welche auf jedes Quadratmillimeter des Riemenquerschnittes kommt, ein gewisses Maximum nicht überschreiten darf. Nähere Angaben über die Berechnung des Riemens folgen später.

Man hat bei Projektierung der Einrichtung des Maschinenraumes ein Hauptaugenmerk darauf zu richten, dass die Riemengleitung auf ein möglichst geringes Mass beschränkt bleibe. Diese kann bei der hohen Umlaufszahl der Dynamomaschinen und der dadurch meist bedingten starken Geschwindigkeits-Übersetzung vom Motor bis zur ersteren einen erheblichen Betrag erreichen. Es darf deswegen die durch einen und denselben Riemen zu bewirkende Übersetzung nicht zu weit getrieben werden, damit die Fläche, mit welcher der Riemen auf der kleineren Riemenscheibe aufliegt, nicht zu gering werde (vergl. Fig. 107). Je höher die Übersetzungszahl ist, desto grösser muss aus diesem Grunde der Abstand der beiden Wellen werden, mit welchem zugleich die Elastizität des Riemens zunimmt, wodurch ebenfalls das Gleiten vermindert wird. Da ferner die Riemengeschwindigkeit den Betrag von etwa 30 *m* in einer Sekunde nicht überschreiten darf, man aber mit dem Durchmesser der kleinsten (auf der Welle der Dynamomaschine sitzenden) Riemenscheibe schon bei kleinen Maschinen, von 5 bis 6 PS, praktisch nicht gut unter 200 *mm* heruntergehen kann, so ergibt sich die Notwendigkeit, zu grosse Übersetzungen mittels eines Riemens zu vermeiden. Letzteres umsomehr, als für den Abstand, in welchem die Wellen angeordnet werden können, selten ein grösserer Spielraum möglich ist, sondern die Örtlichkeit meist enge Grenzen zieht. Stärkere Übersetzungen als 1 : 6 sollte man unter allen Umständen, solche

über 1 : 4, wenn irgend angängig, nicht anwenden. Man bringt, wenn der Geschwindigkeitsunterschied der Licht- und der Betriebsmaschine grösser ist, ein Vorgelege an und verteilt die Übersetzung gleichmässig auf beide Riemen. Es betrage z. B. die normale Tourenzahl der Dynamomaschine 720 in einer Minute und es stehe als Betriebskraft eine Dampfmaschine von 60 Touren zur Verfügung. Das Übersetzungsverhältnis ist hier 1 : 12. Die Riemenscheibe der Dynamomaschine habe 0,30 *m* Durchmesser. Um die gesammte Uebersetzung auf beide Riemen genau gleichmässig zu verteilen, müsste in diesem Falle für jeden Riemen das Übersetzungsverhältnis $1 : \sqrt{12}$ betragen. Doch ist es ebenso gut, der einen Übersetzung das Verhältnis 1 : 3, der anderen 1 : 4 zugeben. Wir sehen dabei von der Riemengleitung vorläufig ab. Soll z. B. die Übersetzung der Vorgelege-Dynamomaschine 1 : 4 betragen, so muss die bezügliche Riemenscheibe des Vorgeleges in unserem Falle 1,20 *m* Durchmesser erhalten. Gibt man ferner der von dem Motor angetriebenen Scheibe des Vorgeleges 0,40 *m* Durchmesser, so muss, damit die Übersetzung 1 : 3 herauskommt, die auf der Motorwelle sitzende Riemenscheibe 1,20 *m* Durchmesser erhalten.

Für die Riemengleitung sind, je nach dem Übersetzungsverhältnis, bis zu 5% Geschwindigkeitsverlust bei jedem Riemen zu rechnen. Beim vorstehenden Beispiel müsste der Durchmesser der beiden grossen Riemenscheiben statt 1,20 *m* etwa 1,26 *m* betragen, wenn die Übersetzungen wirklich die oben genannten Werte erreichen sollen. In vielen Fällen soll die Riemenscheibe der Dampfmaschine gleichzeitig als Schwungrad dienen, sodass sie entsprechend gross und schwer ausgeführt werden muss. Man kann dann, falls ein Vorgelege vorhanden, die grössere Übersetzung auf den vom Motor zum letzteren führenden Riemen verlegen und die getriebene Scheibe des Vorgeleges nach Bedarf vergrössern. Um z. B. in dem oben betrachteten Falle ein Riemenscheibenschwungrad von etwa 2,4 *m* Durchmesser anwenden zu können, gibt man der getriebenen Scheibe des Vorgeleges 0,60 *m* Durchmesser und macht die Übersetzung vom letzteren zur Lichtmaschine 1 : 3. Unter Umständen lassen sich mittels des Vorgeleges kleine Schwankungen, die bei jedem Umgange der Betriebsmaschine stattfinden, ausgleichen. Zu diesem Zwecke wird die grössere Scheibe des Vorgeleges entsprechend schwer ausgeführt.

Ist die Tourenzahl der Dynamomaschine gegeben, steht jedoch nur ein Raum zur Verfügung, der die Anbringung eines Vorgeleges nicht gestattet, so ist ein Motor von entsprechend hoher Tourenzahl zu wählen, also entweder eine schnelllaufende Dampfmaschine oder ein Gasmotor, der bei gleicher Leistung eine grössere Umdrehungs-

zahl als eine langsamlaufende Dampfmaschine besitzt. Man kommt dann mit einer Riemenübertragung aus.

Im allgemeinen hat man es in elektrischen Beleuchtungsanlagen meist mit beträchtlichen Riemenübersetzungen und grosser Riemengeschwindigkeit zu tun. Da ausserdem eine äusserst gleichförmige Geschwindigkeit verlangt wird, so dürfen genähte Riemen nicht verwendet werden, sondern ausschliesslich geleimte (gekittete). Auch die Zusammenfügung der beiden Riemenenden darf weder genäht noch viel weniger durch einen metallenen Riemenverschluss bewirkt sein. Jedesmal, wenn ein solches Schloss die Riemenscheibe der Dynamomaschine passierte, würde sich bei Glühlampen ein deutliches Zucken des Lichtes bemerklich machen. Aus demselben Grunde ist ein Spannschlitten für die Aufstellung der Dynamomaschine kaum zu entbehren und muss die Ausrichtung der zusammengehörigen Riemenscheiben mit der äussersten Sorgfalt geschehen.

Die untere Riemenhälfte soll stets die ziehende sein, damit durch die Bogenform, welche die gezogene, weniger gespannte Hälfte durch die Wirkung der Schwere annimmt, die Fläche, in welcher der Riemen auf den Scheiben aufliegt, vergrössert und nicht verkleinert wird (vergl. Fig. 107).

47. Berechnung des Treibriemens. Die folgenden Angaben dürften in den meisten Fällen für die Berechnung eines Lederriemens, der eine bestimmte Arbeit übertragen soll, ausreichen. Die Riemengleitung ist dabei nicht berücksichtigt.

Es bezeichne:

A die zu übertragende Leistung in Pferdestärken.
P die am Scheibenumfang wirkende Zugkraft (Differenz der Riemenspannungen) in Kilogramm.
r den Halbmesser der getriebenen Riemenscheibe in Metern.
n die Zahl der Umdrehungen der Scheibe in einer Minute.
v die Riemengeschwindigkeit in Metern pro Sekunde.
b die Breite } des Riemens.
d die Dicke } des Riemens.
k die durch P hervorgerufene, zulässige Spannung des Riemenquerschnittes in Kilogramm pro 1 Quadratmillimeter.

Wie schon oben erörtert, ist

$$A = P \frac{2 r \pi n}{60 \times 75}; \quad P = \frac{60 \times 75}{2 \pi} \frac{A}{n r} = 716 \frac{A}{n r}.$$

Die Riemenbreite ist

$$b = \frac{P}{d k} = \frac{75 A}{d k v} = \frac{716 A}{d k n r}.$$

Die zulässige Beanspruchung k kann hierbei für Lederriemen mit 0,100 bis 0,125 *kg* für 1 *qmm* angenommen werden.[1])

Die Riemengeschwindigkeit v liegt vorteilhaft zwischen 15 und 25 *m* pro Sekunde und soll 30 *m* nicht übersteigen.

Die folgende Tabelle ist berechnet unter der Annahme, dass $k = 0,100$.

Tabelle 25, zur Berechnung von Treibriemen.

Riemenbreite b *mm*	Riemendicke d *mm*	Zuläss. Zugkraft P für 1 *mm* Riemenbreite *kg*	Zuläss. Zugkraft P für den ganzen Riemen *kg*	Übertragbare Arbeit in Pferdestärken für eine Riemengeschwindigkeit v von 15 *m* in 1 Sekunde	20 *m* in 1 Sekunde	25 *m* in 1 Sekunde
50	4	0,4	20	4,00	5,33	6,67
60	4	0,4	24	4,80	6,40	8,00
70	5	0,5	35	7,00	9,33	11,7
80	5	0,5	40	8,00	10,64	13,3
90	6	0,6	54	11,0	14,7	18,3
100	6	0,6	60	12,0	16,0	20,0
110	6	0,6	66	13,2	17,6	22,0
120	7	0,7	84	16,8	22,4	28,0
130	7	0,7	91	18,2	24,3	30,3
140	7	0,7	98	19,6	26,1	32,7
150	7	0,7	105	21,0	28,0	35,0
160	7	0,7	112	22,4	29,9	37,3
180	7	0,7	126	25,2	33,6	42,0
200	7	0,7	140	28,0	37,3	46,7
250	8	0,8	200	40,0	53,3	66,7
300	8	0,8	240	48,0	64,0	80,0
350	8	0,8	280	56,0	74,7	93,3
400	8	0,8	320	64,0	85,3	107
450	8	0,8	360	72,0	96,0	120
500	8	0,8	400	80,0	106	133

Als besonders zuverlässig, weil ganz aus praktischen Erfahrungen gewonnen, haben sich neuere Zahlen von Gehrckens[2]) (für Lederriemen) bewährt, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind. Sie berücksichtigen ausserdem den Durchmesser der kleineren Riemenscheibe, der für die Beanspruchung des Riemens mit massgebend ist. Die Dicke des Riemens ist in dieser Tabelle nicht enthalten; es wird vielmehr angenommen, dass sie im richtigen Verhältnis zur Breite desselben und zum Durchmesser der kleineren Scheibe gewählt

---

[1]) Vergl. Bach, Die Maschinen-Elemente. 6. Aufl. Stuttgart 1897, S. 294. — Siehe auch »Des Ingenieurs Taschenbuch«, herausg. v. Verein »Hütte«. 16. Aufl. 1896, S. 448.

[2]) Gehrckens, »Leistung von Treibriemen«. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Band 37, S. 15.

sei. Dies wird stets richtig geschehen, wenn dem Riemenlieferanten die bezüglichen Zahlen angegeben werden, falls man nicht vorzieht, sie nach den oben gegebenen Unterlagen selbst zu berechnen.

Tabelle 26, zur Berechnung von Treibriemen.

Durchmesser der (kleineren) Riemenscheibe in *mm*	Übertragbare Arbeit in Pferdestärken für je 100 *mm* der Riemenbreite, bei einer Riemengeschwindigkeit *v* in *m* Sek.			
	10	15	20	25
100	4,0	6,0	9,3	11,7
200	6,7	11,0	16,0	21,7
500	10,7	18,0	26,7	36,6
1000	13,3	22,0	32,0	43,3
2000	16,0	26,0	37,3	66,7

Beispiel zur Berechnung eines Riemens nach Tab. 26. Wie breit muss ein Riemen sein, der bei einem Durchmesser der kleineren (getriebenen) Riemenscheibe von 250 *mm* und einer Riemengeschwindigkeit $v = 15$ *m*/Sek. eine Arbeit von 16 PS zu übertragen vermag?

Nach der Tabelle überträgt ein Riemen von 100 *mm* Breite bei 15 *m*/Sek. und bei

einem Scheibendurchmesser von 200 *mm* 11,0 PS
» » » 500 » 18,0 »

Also reicht er bei 250 *mm* Scheibendurchmesser aus zur Übertragung von

$$11{,}0 + \frac{50}{500-200}(18-11) = \text{ca. } 12{,}2 \text{ PS}.$$

Folglich ist für 16 PS erforderlich eine Riemenbreite von

$$100 \times \frac{16}{12{,}2} = 131 \; mm.$$

Die Breite der Riemenscheibe sei $^5/_4$ der Riemenbreite. Der Radkranz sei gewölbt, die Wölbungshöhe $^1/_{20}$ der Riemenbreite.[1])

Breite dünne Riemen sind, gleichen Querschnitt vorausgesetzt, vorteilhafter als schmale und entsprechend dickere, weil im ersteren Falle die Fläche, in der der Riemen den Scheibenumfang berührt, grösser ist. Die Radkranzfläche der Riemenscheibe sei möglichst glatt; der Riemen wird am zweckmässigsten mit der Fleischseite aufgelegt. Sogenannte Adhäsionsfette (Riemenschmieren) bleiben besser weg. Bei sehr starker Übersetzung kann man den Umfang der kleineren Riemenscheibe beledern.

Grosse Dynamomaschinen pflegt man häufig mittels mehrerer Seile, statt durch einen Riemen, anzutreiben. (Näheres über Seil-

[1] Vergl. ferner auch: Dr. Oskar May, Tafel zur Berechnung von Treibriemen. Berlin.

transmissionen siehe Bach, Maschinen-Elemente, l. c., sowie »Des Ingenieurs Taschenbuch«, herausgegeben vom Verein »Hütte«, 16. Aufl., S. 460.)

Bei grösseren Anlagen (z. B. Block-Zentralstationen) ist man in neuerer Zeit davon abgekommen, sämtliche vorhandene Dynamomaschinen durch Vermittelung einer grösseren Transmission von einer einzigen Dampfmaschine betreiben zu lassen. Man zieht es vor, die Zahl der Lichtmaschinen zu beschränken, die der Betriebsmaschinen auf mindestens zwei zu vermehren, schon um, wenn an einer derselben eine Störung eintreten sollte, wenigstens die andere im Gang erhalten zu können. Damit fallen ausgedehnte Transmissionsanlagen in den meisten Fällen weg und man hat den Vorteil, je nach dem Lichtbedürfnis nur eine oder mehrere Dampf- und Dynamomaschinen laufen lassen zu können.

II.

Aufspeicherung der Arbeit.

(Die Akkumulatoren für Elektricität.)

---

48. Allgemeines. Chemische Vorgänge. Formierung. Die elektrische Arbeit lässt sich bis jetzt nicht als solche aufspeichern, sondern muss zuvor in eine andere Form, in chemische Arbeit, umgewandelt werden. Die Produkte einer durch den Strom bewirkten chemischen Zersetzung können unter Umständen eine gewisse Zeit lang aufbewahrt und es kann bei Bedarf durch chemische Rückbildung wieder elektrische Energie erhalten werden. Vorrichtungen, welche hierzu dienen, heissen Akkumulatoren für Elektricität, elektrische Sammler, Sekundärelemente oder Ladungssäulen. Die Wirkungsweise der am meisten angewendeten Art dieser Apparate gründet sich auf folgende Tatsachen:

Taucht man zwei Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure und verbindet sie mit den Polen einer Stromquelle, so verändert die Wirkung, welche der von der einen Platte durch die Flüssigkeit zur anderen Platte gehende Strom auf die Flüssigkeit ausübt, das Blei an der Oberfläche der mit dem positiven Pole verbundenen Platte. Es wird in dunkelbraunes Bleisuperoxyd verwandelt. An der negativen Platte entwickelt sich währenddessen Wasserstoffgas. Unterbricht man den Strom, nachdem er eine Zeit lang hindurchgegangen, so zeigt es sich, dass die Bleiplatten jetzt selbst elektrische Pole sind, dass sie zusammen mit der verdünnten Schwefelsäure ein galvanisches Element bilden, das eine gewisse elektromotorische Kraft besitzt. Man erhält, wenn man die nun »polarisierten« Platten durch einen Draht verbindet, einen Strom, den sogen. Polarisationsstrom. Dieser nimmt jedoch bald an Stärke ab und hört endlich ganz auf. Während die Platten Strom abgeben, geht das Bleisuperoxyd auf der positiven Platte allmählig in Bleisulfat (schwefelsaures Blei) über. Gleichzeitig wird das Blei an der Oberfläche der negativen Platte ebenfalls in Bleisulfat verwandelt. Durch Hindurchleiten eines Stromes kann dieses »Sekundärelement« aufs neue »geladen« werden. Dabei entsteht an der positiven Platte wieder Bleisuperoxyd, während

das an der negativen beim Entladen gebildete Bleisulfat in feinzerteiltes Blei zurückverwandelt wird.

Planté, der die genannten Vorgänge zuerst eingehend studiert und technisch verwertet hat, beobachtete, dass durch häufiges Wiederholen der Ladung und Entladung, insbesondere, wenn zwischendurch öfter »umgeladen«, d. h. der Ladestrom in verkehrter Richtung durchgeleitet und so die vorher positive Platte zur negativen gemacht wird, die Fähigkeit der Platten, sich an ihrer Oberfläche chemisch zu verändern und so indirekt Elektricität aufzuspeichern, immer grösser wird. Es nimmt allmählig immer mehr Blei an den chemischen Umsetzungen teil und wird dadurch mehr und mehr aufgelockert, geht in eine Art porösen, schwammigen Zustandes über. Je grösser die Menge dieser schwammigen, beim Laden und Entladen jedesmal in der angegebenen Weise sich verändernden »aktiven« Substanz wird, desto grösser wird die Aufspeicherungsfähigkeit (Kapazität) des Sekundärelementes. Man nennt den Prozess des häufigen Ladens und Entladens, zu dem Zwecke, die »aktive Masse« des Akkumulators zu vermehren, die Formierung. In dem Masse, wie die aktive Masse der positiven Elektroden sich vergrössert, nimmt der innere, unverändert bleibende Kern von festem Blei an Dicke ab. Ist dieser ganz oder doch zum grössten Teile verschwunden, so zerfallen die Platten und das Sekundärelement wird unbrauchbar. Auch die negativen Platten erleiden mit der Zeit Veränderungen, durch welche ihre Wirksamkeit beeinträchtigt wird. Ein Akkumulator dieser Art besitzt also nur eine begrenzte »Lebensdauer«. Diese kann durch Verwendung dickerer Platten vergrössert werden.

Die nach dem Planté'schen Verfahren hergestellten Akkumulatoren wurden sehr verteuert durch den langdauernden Formierungsprozess, den sie durchmachen mussten, bevor sie zur Aufsammlung grösserer Arbeitsmengen brauchbar waren. Faure versuchte deswegen, das durch den Planté'schen Prozess allmählig entstehende Bleisuperoxyd von vornherein auf die positiven Platten aufzutragen und durch geeignete Mittel darauf festzuhalten. Wegen des hohen Preises der genannten Substanz benutzte er statt ihrer die billigere Mennige, ein Gemisch verschiedener Bleioxyde. Durch die erste Ladung, die man länger ausdehnt, wird die Mennige dann in Superoxyd verwandelt. Eine entsprechende Menge schwammigen Bleies erzeugt man auf den negativen Platten durch Auftragen, entweder ebenfalls von Mennige, oder besser von Bleiglätte (Bleioxyd), welche der Strom bei der ersten Ladung in metallisches Blei von poröser Form verwandelt. Auf diese Weise erhält man sofort auf beiden Platten beträchtlich dicke Schichten der aktiven Masse, und das viel Zeit und Geld erfordernde Formieren nach Planté fällt weg.

Ein jahrelang viel verwendeter Akkumulator (der Tudor'sche) war ein Mittelding zwischen dem Planté'schen und dem Faure'schen Sekundärelement. Die positiven Platten desselben wurden zuerst längere Zeit nach dem Planté-Verfahren formiert, dann mit Mennige bestrichen und nochmals kurze Zeit (jedoch ohne Umladen) weiter formiert. Dagegen erhielten die negativen Platten keine Planté'sche Formirung, sondern die Bleiglätte, mit der sie bedeckt waren, wurde erst während der ersten Ladung des fertigen Sammlers in Bleischwamm verwandelt.

Es sei noch bemerkt, dass es mit der Zeit gelungen ist, durch Zuhülfenahme chemischer Mittel die für die Herstellung der Planté-Formirung erforderliche Zeit ganz bedeutend abzukürzen.

49. Konstruktion der Akkumulatoren. Was die Bauart der Akkumulatoren ganz im allgemeinen betrifft, so bestehen sie gewöhnlich aus einem rechteckigen Gefässe aus Glas, Hartgummi oder mit Blei ausgekleidetem Holze, in welchem eine Anzahl positiver und negativer Platten, fast immer in senkrechter Stellung, angebracht ist. Alle positiven Platten eines Elementes einerseits und alle negativen andererseits sind durch angelötete Bleistreifen unter sich verbunden (parallel geschaltet). Dadurch wird dasselbe erreicht, wie wenn das Element nur eine grosse positive und eine negative Platte besässe, jede von einer Oberfläche gleich der sämtlicher positiver bezw. negativer Platten zusammengenommen. Die Platten stehen abwechselnd, d. h. auf eine negative Platte folgt eine positive, dann wieder eine negative, dann eine positive, u. s. f. (vgl. Fig. 108, welche einen Akkumulator, von oben gesehen, in schematischer Zeichnung darstellt). Gewöhnlich sind die beiden äussersten Platten negative, sodass eine negative Platte mehr vorhanden ist als positive und jede der letzteren zwischen zwei negativen steht. Die einzelnen Platten sind von rechteckiger Form. Sie bestehen, abgesehen von der Füllmasse, aus reinem Blei oder aus Hartblei (Legierung von Blei mit etwas Antimon). Die Oberfläche der Bleiplatten ist niemals eben, sondern mit Löchern, Vertiefungen, Rinnen oder anders gestalteten Hohlräumen, behufs Vergrösserung der Oberfläche, sowie

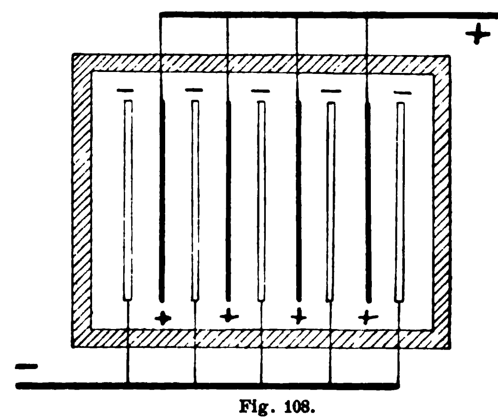


Fig. 108.

zum eventuellen Aufnehmen und möglichst sicheren Festhalten der aktiven Masse, versehen. Bei den nach Faure hergestellten Platten wird die Füllmasse mit etwas verdünnter Schwefelsäure zu einem steifen Brei gemischt und so auf die Bleiunterlage auf- und hineingestrichen, dass die fertige Platte eine gleichmässige Oberfläche erhält. Die einzelnen positiven Platten eines Elementes sind von den benachbarten negativen durch geeignete Isolierstücke aus Glas, Kautschuk, Hartgummi oder dergl. getrennt. Auch stellt man die Platten, falls sie vertikal stehen, nicht direkt auf den Gefässboden auf, sondern so, dass zwischen dem unteren Plattenrande und dem Boden sich noch ein Zwischenraum befindet. Dies geschieht, um zu verhindern, dass Teilchen der Füllmasse, welche mit der Zeit von den Platten abfallen und sich auf dem Boden anhäufen, leitende Brücken zwischen positiven und negativen Platten bilden und so eine allmählige Selbstentladung des Elementes herbeiführen können. Man stellt die Platten auf schmale Rippen, welche auf dem Gefässboden ruhen und nur eine ganz schmale Auflagefläche bieten, oder hängt sie, noch zweckmässiger, mittels angegossener Nasen, welche sich auf Vorsprünge der Gefässwände, oder auf den Gefässrand, oder auf besondere Tragstücke auflegen, in der gewünschten Höhe auf. Bei Akkumulatoren mit horizontal liegenden Platten ist die Anordnung insofern einfacher, als die isolierenden Trennstücke zugleich als Träger der Platten dienen können.

Die Füllung geschieht (bei neuen Elementen) meistens mit einer verdünnten Schwefelsäure von 20 bis 25% (spezif. Gewicht 1,15 bis 1,18 [bei 15° C] oder 19 bis 22° Baumé). Für Batterien, welche besonders stark beansprucht werden, verwendet man Säure von höherer Konzentration, bis zu 28% (25° Baumé, spezif. Gewicht 1,21).

50. Elektromotorische Kraft, innerer Widerstand, Klemmenspannung. Verhalten derselben beim Laden und Entladen. Für den praktischen Betrieb am wichtigsten ist die Klemmenspannung K, welche von der EMK E, dem inneren Widerstande W_i und der Stromstärke J abhängt. Bei der Entladung ist

$$K = E - J W_i$$

bei der Ladung jedoch $K = E + J W_i$.

Durch den letzteren Wert ist die EMK der Stromquelle bedingt, mittels welcher man laden will.

Die EMK eines geladenen Akkumulators beträgt etwa 2 Volt; der innere Widerstand hängt, bei gleichem Abstande der Platten, von der Grösse der gesamten Plattenoberfläche ab, liegt aber schon bei kleinen Elementen unter $^1/_{100}$ Ohm, bei grösseren unter $^1/_{1000}$ Ohm. Im Verlaufe der Entladung sinkt die EMK, zuerst

sehr langsam, später rascher. Gleichzeitig steigt der innere Widerstand, ebenfalls zuerst wenig, dann schneller.[1]) Die von der Grösse des Entladestromes mit abhängige Klemmenspannung beträgt, bei der im normalen Betriebe zulässigen höchsten Strom-Beanspruchung, 1,95 bis 1,93 Volt bei Beginn der Entladung. Die letztere ist abzubrechen, wenn die bei der genannten Stromstärke gemessene Klemmenspannung auf 1,82 bis 1,80 Volt gesunken ist. Während der normalen Entladung findet also ein Abfall der Spannung von etwa 6% statt. Damit ist jedoch das Element noch nicht vollständig entladen. Es ist vielmehr imstande, noch eine nicht unbeträchtliche Elektricitätsmenge abzugeben, besonders wenn man ihm gestattet, sich in Ruhepausen, während welcher der Strom unterbrochen ist,

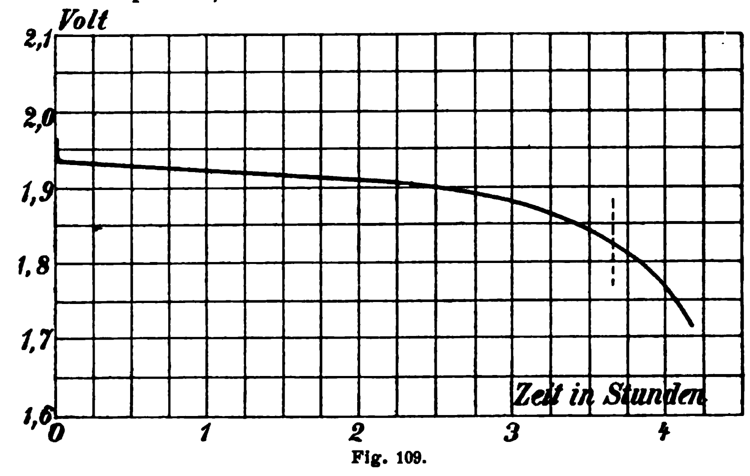


Fig. 109.

zu »erholen«. Setzt man jedoch die Entladung bei gleichbleibender Stromstärke über die oben genannte Grenze hinaus fort, so beginnt die Spannung immer rascher abzufallen und sinkt, nachdem sie einmal bis 1,7 Volt abgenommen hat, in sehr kurzer Zeit auf $^1/_2$, $^1/_4$ des anfänglichen Wertes und dann allmählig noch tiefer, bis der Akkumulator erschöpft ist. Da jedoch die dem Beleuchtungsbetriebe dienenden Stromquellen eine möglichst konstante Spannung liefern sollen, so ist die praktisch verwertbare Entladung bei der genannten Grenze, welche vor Beginn des raschen Spannungsabfalles liegt, beendigt. Fig. 109 veranschaulicht den Verlauf der Klemmenspannung

[1]) Vergl. Haagn, Zeitschrift für Elektrochemie III, 1896/97, S. 421. — Dolezalek und Gahl, ebenda VII, 1900/01, S. 429.

Nach Ayrton beträgt bei Akkumulatoren von der z. Z. ziemlich allgemein gebräuchlichen Einrichtung, während der Entladung mit einer Stromdichte von etwa 0,5 Amp. auf 1 *qdm*, der mittlere innere Widerstand, berechnet für 1 Quadratdezimeter Oberfläche der positiven Platten, etwa 0,084 Ohm, für 2 *qdm* also die Hälfte, für 10 *qdm* den zehnten Teil u. s. f.

bei einer normalen, auf etwa drei Stunden bemessenen Entladung, nach Beobachtungen des Verfassers. Die Grenze des praktisch zulässigen Teiles derselben ist durch die punktierte vertikale Linie bezeichnet.

Bei der Ladung des normal entladenen Akkumulators steigt die EMK zunächst allmählich, später rascher, gegen Ende wieder langsamer, während der innere Widerstand sinkt.[1]) Unter der Voraussetzung mittlerer Verhältnisse beträgt die Klemmenspannung bei Beginn einer etwa vierstündigen Ladung ungefähr 2,05 Volt, wächst aber innerhalb weniger Minuten auf etwa 2,15 Volt, bleibt auf diesem Werte einige Zeit fast konstant, um dann sehr langsam zuzunehmen. Nachdem die Ladung einige Stunden gedauert, beginnen zunächst an den positiven, später auch an den negativen Platten Gasbläschen aufzusteigen, und zwar an den positiven Platten Sauerstoff, an den negativen Wasserstoff. Dies ist ein Zeichen, dass die Umwandlung der aktiven Masse in Bleisuperoxyd bezw. schwammiges Blei so weit gediehen ist, dass nicht mehr die ganze Strommenge zur chemischen Umwandlung der noch unverändert gebliebenen Teile verwendet wird, sodass ein Teil des Stromes nur Zersetzung des vorhandenen Wassers in seine Bestandteile, Sauerstoff und Wasserstoff, bewirkt. Dieser letztere Teil nimmt mehr und mehr zu, sodass die Gasbildung immer stärker wird. Schliesslich ist das aktive Material vollständig in der genannten Art umgewandelt und aller etwa noch weiter zugeführte Strom bewirkt nur noch Wasserzersetzung. Vom Beginn der Gasentwickelung ab, die bei ungefähr 2,25 bis 2,30 Volt einsetzt, fängt die Klemmenspannung an, beträchtlich rascher zu steigen, um von etwa 2,5 bis 2,6 Volt ab langsamer und schliesslich nur ganz wenig zu wachsen. Sobald die Gasentwickelung den höchsten Grad erreicht hat, beträgt die Spannung etwa 2,6 Volt und steigt von da ab nur noch allmählich weiter bis etwa 2,7 Volt und darüber, vorausgesetzt, dass der Ladestrom nicht unterbrochen wird. Die Grenze, bei welcher die normale Ladung als beendigt anzusehen ist, steht nicht so sicher fest, wie diejenige der Entladung. Jedenfalls genügt es aber nicht, stets nur bis zum Beginn einer mässigen Gasentwickelung zu laden, sondern um die Platten in dauernd gutem, frischem Zustande zu erhalten, ist öfter die Fortsetzung einer Ladung bis zur starken Gasbildung, die sich durch ein milchiges Aussehen der Flüssigkeit zu erkennen gibt, erforderlich. Als Grenze einer normalen Ladung kann bei den meisten Sammlertypen das Ansteigen

[1]) Nach Haagn (l. c.) nimmt der innere Widerstand während der Ladung anfangs rasch, dann, während der letzten zwei Drittel der Ladezeit, nur noch wenig ab. Ein Anwachsen während der Periode der Gasentwickelung wurde nicht beobachtet. Dolezalek und Gahl (l. c.) fanden dasselbe.

der Spannung auf 2,6 bis 2,7 Volt angesehen werden, besonders wenn man berücksichtigt, dass es nur vorteilhaft ist, während der Periode der Gasentwickelung die Stromstärke etwas unter den zulässigen Maximalbetrag abfallen zu lassen. Letzteres schreiben in neuerer Zeit einige Fabriken sogar vor.

Eine für messende Untersuchungen geeignete Fixierung der Grenze ist dadurch gegeben, dass man die Ladung unterbricht, sobald das Ansteigen der Spannung, nachdem es mit der Gasentwickelung mehr und mehr zugenommen hat, sich wieder zu verlangsamen beginnt. Dieser Punkt ist in Fig. 110, die den Verlauf der Spannung bei einer normalen, vom Verfasser ausgeführten Ladung veranschaulicht, durch eine punktierte Linie bezeichnet. Besser ist es, die Ladung auch in solchen Fällen noch etwas weiter fortzusetzen. Es sei noch hervorgehoben, dass die hier für die verschiedenen Stadien der Ladung und Entladung angegebenen Spannungswerte durchaus nicht bei jeder Batterie genau zutreffen. Die Art der Füllmasse und die Gestalt und Grösse ihrer Berührungsfläche mit der Bleiunterlage, der mehr oder weniger gute Zustand, in welchem die Platten sich befinden, die Stromdichte, besonders aber die Konzentration der Säure, können die Spannung nicht unerheblich beeinflussen, sodass Abweichungen von jenen Zahlen bis zu einigen Prozenten vorkommen. Die angeführten Werte gelten für gut gehaltene Elemente, für etwa $3^1/_4$ stündige Dauer der Entladung und 4 bis 5stündige Ladungsdauer, bei Anwendung der zulässigen Maximalstromstärken und Füllung mit einer Säure, welche, nach der normalen Entladung gemessen, 17 bis 18° Baumé zeigt.

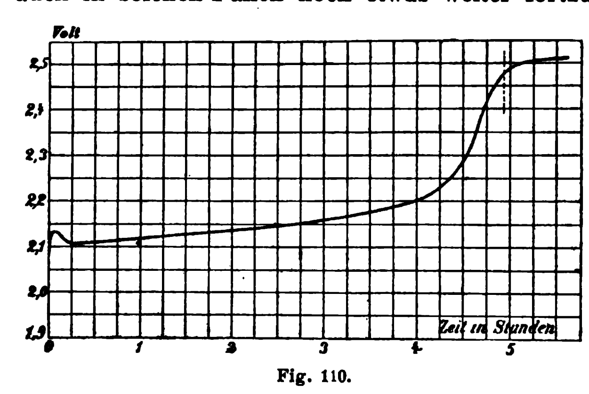


Fig. 110.

51. Änderung der Säuredichte bei Ladung und Entladung. Infolge der während der Ladung und Entladung an den Platten eines Akkumulators sich vollziehenden chemischen Vorgänge, auf welche in **54** näher eingegangen wird, bleibt auch die Flüssigkeit nicht ganz unverändert. Bei der Zersetzung des Bleisulfates während der Ladung wird eine gewisse Menge Schwefelsäure gebildet und Wasser verbraucht, wodurch der Säuregehalt der Flüssigkeit steigt. Umgekehrt findet beim Entladen Wasserbildung statt, während etwas

Schwefelsäure der Flüssigkeit entzogen wird, sodass die Konzentration der letzteren abnimmt (vergl. die später folgende Umsetzungsgleichung).

Die bezeichneten Änderungen des Säuregehaltes lassen sich mittels eines in die Flüssigkeit gesenkten Aräometers leicht nachweisen. Man beobachtet während der Ladung eine Zunahme, beim Entladen eine Abnahme des spezifischen Gewichtes.

Bei einem in regelmässigem Betriebe befindlichen Akkumulator bleiben der Maximal- und Minimalwert der Säuredichte, welche durch die normale Ladung und Entladung erreicht werden, wesentlich konstant. Findet Überladung statt, so steigt von dem Augenblick, wo die Gasentwickelung und mit ihr die Klemmenspannung den Höhepunkt erreicht hat, die Dichte der Säure nicht weiter. Es lässt sich jedoch nicht allgemein angeben, welche Beträge die genannten Grenzwerte haben, da sie durch verschiedene Umstände bedingt sind. Sie hängen zunächst ab von der Konzentration der Säure, mit der man die Zelle anfänglich gefüllt hat, bei gegebener Füllung aber von dem Verhältnis der Plattenoberfläche zu der Menge der vorhandenen Flüssigkeit. Durch die Oberfläche der Platten ist nämlich die zur normalen Ladung und Entladung erforderliche Strommenge bedingt, und allein von der letzteren hängen die Mengen Schwefelsäure und Wasser ab, welche dabei frei bezw. verbraucht werden. Stellt man nun einen und denselben Satz positiver und negativer Platten einmal in eine kleinere, später in eine grössere Menge der gleichen verdünnten Schwefelsäure, so wird im letzteren Falle das spezifische Gewicht derselben nach normaler Ladung kleiner sein als im ersteren.

Für die Form, in welcher grössere Akkumulatoren z. Z. in Deutschland am meisten ausgeführt werden, bei welcher in einem viereckigen Behälter eine grössere Anzahl Platten in einem Abstand von 10 bis 15 *mm* von einander eingesetzt ist, sodass unterhalb der Platten noch ein etwa 100 *mm* tiefer freier Raum bleibt und die Säure noch etwa 20 *mm* über den Platten steht, können die Grenzen, in welchen die Säuredichte sich ändert, annähernd angegeben werden. Wurde das neue Element mit Säure von 19° Baumé (spez. Gew. 1,147, Gehalt an konzentrierter Schwefelsäure etwa 20,3 %) gefüllt, so sinkt, wenn die Batterie einige Zeit in Betrieb gewesen ist, die Säuredichte am Ende der normalen Ladung bis etwa 18° B (spez. Gew. 1,138, Säuregehalt 19,2 %) und steigt bei der normalen Ladung bis etwa 20° B (spez. Gew. 1,157, Säuregehalt 21,8 %). Heutzutage verwenden jedoch die meisten Fabriken, wie erwähnt, zum Füllen Säure von höherer Konzentration, bis 28,4 % (spez. Gew. 1,21 oder 25,1° Baumé).

Sind bei einer gegebenen Sammlerbatterie die genannten Grenzwerte einmal festgestellt, so kann die mit dem Aräometer ermittelte Säuredichte mit dazu dienen, zu finden, wie weit in dem betreffenden Augenblicke die Entladung oder Ladung bereits vorgeschritten ist, da der Säuregehalt sich proportinal der den Elementen entnommenen bezw. zugeführten Strommenge ändert.

Die zum Messen des spezif. Gewichtes dienenden Aräometer werden in die Säure eingesenkt, am besten zwischen zwei Platten. Es existieren für diesen Zweck besondere Formen mit flachem Glasgefässe. Man liest den Teilstrich ab, welcher in der Höhe der Oberfläche der Flüssigkeit liegt. Die Ablesung ist nur dann richtig, wenn das Auge mit dem Flüssigkeitsniveau in dieselbe Ebene gebracht werden kann. Dies ist jedoch nur bei durchsichtigen Glasgefässen und selbst da nicht immer möglich. Bei dem Aräometer von Holden (Fig. 111) besteht dieser Übelstand nicht, da die Ablesung ausserhalb des Gefässes geschieht. Man hat jedoch dafür Sorge zu tragen, dass die an den Platten befestigte Skala im selben Verhältnis gesenkt oder gehoben wird, wie der Flüssigkeitsspiegel mit der Zeit sinkt oder (beim Auffüllen) steigt.

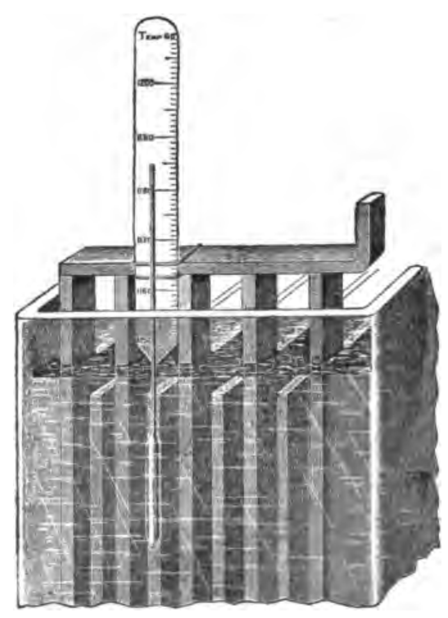


Fig. 111.

Es sei endlich noch darauf hingewiesen, dass die Dichte der Säure in einem Akkumulator keineswegs durchaus gleichmässig ist. Vielmehr findet man, dass sie von den unteren nach den oberen Schichten der Flüssigkeit zu stetig abnimmt. Dies rührt daher, dass beim Laden die zunächst an den Platten befindlichen Flüssigkeitsteile reicher an Schwefelsäure, also schwerer werden und auf den Boden herabsinken. Dies geschieht anhaltend, und nach beendigter Ladung haben sich die Schichten nach ihrer Dichte regelmässig übereinander gelagert. Eine Mischung und Ausgleichung der Konzentration bei längerem Stehen der Zellen findet nur äusserst langsam statt, sodass man bei regelmässigem Gebrauche der Elemente stets mit der beschriebenen Beschaffenheit der Flüssigkeit zu rechnen

hat. Die Entladung bewirkt nicht etwa wieder eine gleichmässige Verteilung des Säuregehaltes durch das ganze Element. Die Flüssigkeitsteile in der Nähe der Platten werden beim Entladen durch Wasseraufnahme leichter und steigen in die Höhe; schwerere Teile nehmen ihre Stelle ein. Es kann jedoch nicht dementsprechend vom Boden des Gefässes ein Aufsteigen der Flüssigkeit stattfinden, da die Schwerkraft beim Laden und Entladen im gleichen Sinne wirkt und die Flüssigkeit, wie erwähnt, nur sehr träge diffundiert. Die genannten Erscheinungen müssen umsomehr hervortreten, je tiefer die unterhalb der Platten befindliche Säureschicht ist, d. h. je höher über dem Boden die Platten sich befinden. Will man die für Messungen in Betracht kommende mittlere Dichte der zwischen den Platten befindlichen Flüssigkeitsschichten finden, so muss das Gefäss des Aräometers zwischen Ober- und Unterkante der Platten symmetrisch stehen, oder man muss aus der in halber Höhe der Platten befindlichen Schicht etwas Flüssigkeit absaugen und mittels einer aräometrischen Wage (Mohr, Westphal) messen. Die oben angeführten Zahlen beziehen sich sämtlich auf diese mittlere Säuredichte. Der Unterschied im Säuregehalte zwischen Ober- und Unterkante der Platten kann, nach Messungen des Verfassers, bis 1,5 %, der zwischen Oberfläche und Gefässboden bis 4 % betragen.

Die Konzentration der Säure beeinflusst übrigens sowohl die EMK (bezw. die Klemmenspannung), als die Kapazität (vergl. **50**, **53** und **54**). Zwischen einem Säuregehalte von 10 und 30 % steigen beide, wenn auch nicht sehr beträchtlich, mit der Konzentration der zum Füllen verwendeten Säure.[1]) Dennoch ist es nicht ratsam, mit einer Säure von wesentlich mehr als 25 % zu füllen, da mit zunehmender Konzentration auch die allmähliche Bildung von festem Bleisulfat (vergl. **65**) wächst, durch welche die Kapazität mit der Zeit erheblich herabgedrückt werden kann.

52. Maximale Stromstärke. Stromdichte. Die grössten Stromstärken, welche beim Laden und Entladen eines Akkumulators angewendet werden dürfen, sind bedingt durch die Grösse der wirksamen Oberfläche der Platten einer und derselben Art. Der auf die Einheit der Plattenoberfläche entfallende Betrag der Stromstärke, die sogen. Stromdichte, darf nicht beliebig gross genommen werden. Es gibt für jede Plattenkonstruktion, sowohl bei der Ladung als bei der Entladung, eine gewisse Grenze für die Stromdichte, die nicht überschritten werden darf, wenn man nicht die Haltbarkeit der Platten gefährden und zugleich den Wirkungsgrad

[1]) Vergl. Streintz, Wied. Ann. Bd. 46, 1892, S. 454. — Heim, Elektrot. Ztschr. X, 1889, S. 88. — Earle, Ztschr. f. Elektrochem. II, S. 519. — Dolezalek, Ztschr. f. Elektrochem. IV, S. 352.

(vergl. **55**) zu sehr herabdrücken will. Lädt man mit zu grosser Stromdichte, so geht schon bald nach Beginn der Ladung ein Teil des Stromes durch Gasentwickelung verloren. Wird mit zu hohem Strome entladen, so erhält man von der in das Element hineingeladenen Elektricitätsmenge weniger wieder, als bei normaler Entladung. In beiden Fällen wird zugleich der Zusammenhang der aktiven Masse unter sich und mit dem Bleikern gelockert, und es können Teile derselben abfallen. Die normale grösste Stromdichte beträgt bei Akkumulatoren, welche in stationären Beleuchtungsanlagen Verwendung finden und nicht schneller als in mindestens 3 Stunden normal entladen werden sollen, für die Ladung 0,7 bis 1,3 Ampère für 1 Quadratdezimeter Oberfläche der positiven Platten, für die Entladung, wenn diese in 3 Stunden erfolgen soll, zwischen 0,75 und 1,3 Ampère für 1 *qdm*. Bei den unten (vergl. **56**) noch zu erwähnenden »Akkumulatoren für starke Entladung« geht man bis zu über 2 Ampère für 1 *qdm* beim Entladen und bis etwa 1,6 Ampère für 1 *qdm* beim Laden.

Nach der oben gegebenen, allgemein üblichen Definition wird die Stromdichte auf die aus Länge und Breite der Platten ermittelte Oberfläche bezogen. Dies ist jedoch nicht korrekt. In Wirklichkeit ist die Stromdichte stets kleiner, weil die Oberfläche der Platten nicht eben und infolgedessen grösser ist, als dort angenommen. Die wahre Stromdichte genau anzugeben, ist jedoch nicht gut möglich, da auch die Verteilung der Stromstärke auf die einzelnen Teile der Plattenfläche wahrscheinlich nicht ganz gleichmässig ist, so zwar, dass die Vorsprünge ein wenig stärker beansprucht werden als die Vertiefungen.[1]) Die Stromdichte, welche man ohne Schaden für den Bestand der Platten noch anwenden kann, ist im allgemeinen um so grösser, je dünner die Schicht des aktiven Materials ist. Platten, welche nur eine Planté-Formierung besitzen, können am stärksten beansprucht werden.

Mit geringeren als den maximalen Stromdichten zu entladen oder auch zu laden, ist selbstverständlich in ganz beliebiger Weise zulässig. Nur pflegt man die Ladung, um deren Zeitdauer nicht zu sehr auszudehnen, gewöhnlich mit der höchsten zulässigen Stromdichte auszuführen. Versuche haben übrigens ergeben, dass man für den ersten Teil der Ladung, bis zum Beginne der Gasentwickelung, die Stromdichte noch beträchtlich über die oben angegebenen Höchstbeträge steigern kann, ohne das Aufspeicherungsvermögen oder den Bestand der Platten merklich zu schädigen.

---

[1]) Über ein Verfahren zur Bestimmung der wahren Oberfläche der Platten vergl. Norden, Zeitschr. f. Elektrochem. VI, S. 397.

Die grössten normalen Stromstärken für die Ladung und Entladung sind nach dem vorstehenden, abgesehen von der für die betreffende Plattenkonstruktion zulässigen Stromdichte, durch die gesamte vorhandene Plattenoberfläche bedingt. Kann also ein Element, welches 5 positive Platten enthält, z. B. mit im Maximum 35 Ampère entladen werden, so kann man von einem anderen, mit 10 ebenso grossen oder mit 5 doppelt so grossen positiven Platten, 70 Ampère entnehmen. Durch Vermehrung der Anzahl und Vergrösserung der Oberfläche der Platten kann man also Zellen für beliebig hohe Entladungsströme herstellen. Es werden zur Zeit Akkumulatoren für bis 5000 Ampère maximaler Entladestromstärke gebaut.

53. Die Kapazität. Die Zeitdauer, welche zur normalen Entladung bezw. Ladung bei der höchsten zulässigen Stromstärke erforderlich ist, ist unabhängig von der Plattenoberfläche. Sie ist lediglich bedingt durch das Aufspeicherungsvermögen der betreffenden Plattenkonstruktion. Dieses letztere hängt u. a. davon ab, in einer wie grossen Fläche die aktive Masse mit der Bleiunterlage und mit der Säure in Berührung ist, bei gegebenen äusseren Dimensionen der Platte. Tatsächlich ist es in den letzten Jahren gelungen, durch passende Gestaltung der Bleiplatten mit zahlreichen Vorsprüngen diese eigentliche »wirksame Oberfläche« zu vergrössern und dadurch das Aufspeicherungsvermögen, bei gleichbleibenden äusseren Abmessungen der Platten, bedeutend zu erhöhen. Bei verschieden grossen Elementen derselben Konstruktion dauert also die Entladung sowie die Ladung gleich lange, wenn stets dieselbe Stromdichte angewendet wird. Man nennt das Produkt aus dem zulässigen maximalen Entladestrom in die Zeitdauer der Entladung die Kapazität des Akkumulators. Da der Strom in Ampère, die Zeit in Stunden gemessen wird, wird die Kapazität in Ampère-Stunden ausgedrückt. Ein Sekundärelement, welches im Maximum 60 Ampère 3 Stunden lang geben kann, besitzt eine Kapazität von 180 Ampère-Stunden. Dieser Betrag bezeichnet die Elektricitätsmenge, welche man von dem Element erhält. Um die dabei geleistete elektrische Arbeit zu berechnen, hat man die Stromstärke mit der Spannung an den Klemmen des Akkumulators und der Zeit zu multiplizieren. Drückt man das Produkt Stromstärke mal Spannung in Watt, die Zeit wieder in Stunden aus, so ergibt sich die elektrische Arbeitsleistung in Watt-Stunden.

Da jedoch die Spannung sowohl bei der Ladung als bei der Entladung nicht konstant ist, so muss man zur Berechnung der elektrischen Arbeitsleistung den mittleren Wert finden, den die Spannung während der Ladung bezw. Entladung besitzt. Dieser

ist nicht das arithmetische Mittel aus dem Anfangs- und Endwerte, da die Spannung sich nicht gleichmässig ändert (vergl. **50**). Man erhält den erwähnten Mittelwert, wenn man die Lade- bezw. Entladezeit in eine Anzahl kleiner, gleicher Abschnitte teilt und aus den Werten, welche die Spannung in jedem solchen Zeitabschnitte hatte, das Mittel nimmt. Die Abschnitte müssen so klein gewählt sein, dass man die Spannung in jedem derselben als konstant annehmen kann. Man erhält, wenn die Spannung zu Anfang (bezw. einige Minuten nach Anfang) und Ende der Ladung 2,15 und 2,60 bis 2,70 Volt, zu Anfang und Ende der normalen Entladung 1,93 und 1,82 Volt betrug, als mittlere Spannung für die Ladung etwa 2,29 Volt, für die Entladung etwa 1,90 Volt. Es sei noch hervorgehoben, dass bei den vorstehenden Ausführungen, wie auch im folgenden Absatze, vorausgesetzt ist, dass die Stromstärke während der ganzen Dauer der Ladung sowohl, als der Entladung, konstant gehalten werde.

Die Kapazität, welche ein Bleiakkumulator beim Entladen bis zur normalen Grenze ergibt, ist noch wesentlich abhängig von der Stromdichte oder, mit anderen Worten (vergl. das oben Ausgeführte) von der Zeitdauer der Entladung.

In je kürzerer Zeit die Entladung vollendet wird, oder, was dasselbe heisst, mit je höherer Stromdichte man entlädt, eine desto geringere Anzahl Ampère-Stunden erhält man, bis die Klemmenspannung um eine bestimmte Anzahl Prozente abgefallen ist. Die Fabriken machen hierüber in ihren Preislisten bestimmte Angaben, indem sie die verschiedenen Beträge der Kapazität anführen, welche jede Zellengrösse beim Entladen in 3, 5, 7, 10 Stunden u. s. w. ergibt.

Peukert[1]) hat die Abhängigkeit der Kapazität von der Entladestromstärke studiert und gefunden, dass die Beziehung besteht

$$J^n \cdot t = \text{Konst.},$$

wo J die Entladestromstärke, t die Zeitdauer der Entladung und n eine Zahl bedeutet, welche von der Plattenkonstruktion abhängt und bei einer Anzahl daraufhin untersuchter deutscher Akkumulatoren zwischen 1,3 und 1,7 lag.

Dass mit zunehmender Entladestromstärke die Kapazität sinkt, wurde früher so erklärt, dass bei höherer Stromdichte die von dem Bleikerne entfernter liegenden Partien der aktiven Masse an der chemischen Umsetzung nicht in dem Grade teilnähmen, d. h. also weniger ausgenützt würden, als bei schwächerem Strome. Heute ist man mehr geneigt, der bei hoher Stromdichte grösseren Verminderung des Säuregehaltes in den Poren der wirksamen Masse den Hauptanteil an jener Wirkung zuzuschreiben.

---

[1]) Peukert, ETZ 1897, S. 287. — Vergl. auch Liebenow, Zeitschr. f. Elektrochem. IV, S. 58.

In welchem Betrage die Kapazität verschiedener Akkumulatoren durch die Stromdichte beeinflusst wird, geht aus den später folgenden Tabellen hervor.

Auch mit der Temperatur ändert sich die Kapazität eines Bleiakkumulators in der Weise, dass sie bei Erwärmung der Zelle nicht unwesentlich steigt.

54. Elektrochemische Theorie. Wie schon in **48** angedeutet, gehen bei der Entladung Bleisuperoxyd an den positiven und Schwammblei an den negativen Platten beide in Bleisulfat über, während gleichzeitig Schwefelsäure verbraucht und Wasser gebildet wird. Bei der Ladung entsteht aus Bleisulfat Bleisuperoxyd an den positiven, schwammiges Blei an den negativen Platten und gleichzeitig an beiden Schwefelsäure unter Wasserverbrauch. Die genannten chemischen Vorgänge vollziehen sich, wie aus zahlreichen Untersuchungen mit Sicherheit geschlossen werden kann, nach folgender Umsetzungsgleichung:

$$PbO_2 + Pb + 2\,H_2SO_4 = 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O.$$

Diese Gleichung ist für die Entladung von links nach rechts, für die Ladung von rechts nach links zu lesen. Die Vorgänge an den Elektroden der beiden Arten im einzelnen sind durch die nachfolgenden Gleichungen veranschaulicht.

Positive Platte:

Entladung . $PbO_2 + H_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + 2\,H_2O$

Ladung . . $PbSO_4 + SO_4 + 2\,H_2O = PbO_2 + 2\,H_2SO_4$

Negative Platte:

Entladung . $Pb + SO_4 = PbSO_4$

Ladung . . $PbSO_4 + H_2 = Pb + H_2SO_4$.

Der Bleiakkumulator befindet sich nach der normalen Ladung wieder in dem gleichen Zustande, in welchem er vor der normalen Entladung gewesen ist. Er ist ein vollkommen umkehrbares (reversibles) Element. Die bei der Ladung und der Entladung in der angegebenen Weise chemisch veränderten Mengen der aktiven Substanzen sind genau proportional den eingeladenen bezw. herausgenommenen (und z. B. in Ampère-Stunden gemessenen) Elektricitätsmengen. Dies gilt auch für die gebildeten oder verbrauchten Mengen der Schwefelsäure, bezw. des Wassers.

Die Art und Weise, wie sich der eigentliche elektrolytische Vorgang vollzieht, wird von Liebenow[1]) folgendermassen erklärt. Die Leitfähigkeit der zwischen den Platten befindlichen Flüssigkeit ist hauptsächlich durch die »Ionen«[2]) der Schwefelsäure bedingt; an den Elektroden jedoch scheiden sich während des grösseren Teiles der Ladezeit nur die Ionen PbO_2 (Bleisuperoxyd) und Pb (Blei) aus, da hierzu die geringste Stromarbeit erforderlich ist. Da diese jedoch in der Flüssigkeit nur in geringer Menge enthalten sind, würden sie in der Nähe der Elektroden schnell erschöpft sein, wenn nicht von dem an den Elektroden selbst angehäuften Bleisulfat fortwährend neue Molekeln in Lösung gingen. Diese dissociieren dabei und geben, zusammen mit den ebenfalls dissociierten Bestandteilen des Wassers, zur fortwährenden Neubildung der Ionen PbO_2 und Pb Veranlassung. Dabei wird Wasser verbraucht und, aus dem zersetzten Sulfat, Schwefelsäure neu gebildet. Wenn schliesslich an einer der beiden Elektroden alles Bleisulfat in der eben genannten Weise gelöst und umgewandelt ist, scheiden sich bei weiterem Stromdurchgange die am nächstleichtesten ausscheidbaren Ionen, d. i. Sauerstoffgas resp. Wasserstoffgas aus. Beim Entladen vollziehen sich die beschriebenen Vorgänge in umgekehrter

---

[1]) Liebenow, »Zeitschr. f. Elektrochem.« II, S. 420 und 653.

[2]) Bezüglich der unter dem Namen »Ionentheorie« bekannten Erklärung der elektrolytischen Vorgänge muss auf Ostwald, »Allgemeine Chemie« II, 1, Leipzig 1893; Ostwald, »Elektrochemie,« Leipzig 1896; Nernst, »Theoretische Chemie«; Le Blanc, »Elektrochemie«, Leipzig 1900, u. A. verwiesen werden.

Richtung: PbO_2 einerseits und Pb andererseits treten als Ionen in die Flüssigkeit, und es wird unter Mitwirkung der Ionen der Schwefelsäure an beiden Elektroden Bleisulfat ($PbSO_4$) und zugleich an der positiven Elektrode Wasser ausgeschieden. Dass tatsächlich PbO_2 in Form von sogen. Ionen in Lösungen vorhanden sein kann, hat Liebenow durch Versuche sehr wahrscheinlich gemacht.

Die Theorie von Liebenow hat durch eine nach der theoretischen wie der experimentellen Seite sorgfältig durchgeführte Arbeit von Dolezalek[1]) eine weitere Stütze erhalten.

Andere Erklärungen der elektrolytischen Prozesse im Bleiakkumulator haben Le Blanc[2]) und Elbs[3]) gegeben. —

Durch sorgfältige Untersuchungen verschiedener Forscher ist unzweifelhaft festgestellt, dass die elektromotorische Kraft des Akkumulators, welche bei Füllung desselben mit Schwefelsäure von ungefähr der gebräuchlichen Konzentration fast genau 2 Volt beträgt, unabhängig davon ist, wieviel von der aktiven Masse der Elektroden in irgend einem Augenblicke der Entladung oder Ladung bereits umgewandelt ist. So lange noch unzersetztes PbO_2 an den positiven und Pb an den negativen Platten vorhanden ist, besitzt sie den genannten Wert. Ersteres ist aber im praktischen Betriebe stets der Fall.

Die EMK wird jedoch stark beeinflusst durch den Säuregehalt der Flüssigkeit und zwar speziell durch den in der unmittelbaren Umgebung des aktiven Materiales. Dieser letztere ändert sich beim Laden und Entladen sehr beträchtlich, weil die Säure- bezw. die Wasserbildung ja unmittelbar an den aktiven Substanzen der Elektroden erfolgt. Unterbricht man eine Ladung oder Entladung und wartet einige Stunden, so fällt bezw. steigt die EMK allmählich auf etwa den oben angeführten Betrag, da durch Diffusion der Unterschied der Konzentration zwischen der nächsten Umgebung der aktiven Masse und den entfernter liegenden Partien der Flüssigkeit sich ausgleicht. Der grosse Unterschied zwischen der EMK beim Laden und beim Entladen ist lediglich aus entsprechend grossen Verschiedenheiten des Säuregehaltes an und in der aktiven Substanz zu erklären.

Bei verschiedenem Säuregehalte beträgt die EMK des nicht arbeitenden Akkumulators[4])

Spez. Gew. (15°)	Prozent H_2SO_4	EMK in Volt bei 15° C.
1,050	7,37	1,906
1,150	20,91	2,010
1,200	27,32	2,051
1,300	39,19	2,142

Auch von der Temperatur wird die EMK beeinflusst, jedoch bei den gebräuchlichen Säurekonzentrationen nur in sehr geringem Masse. Sie steigt unter den eben genannten Umständen für jeden Grad Erwärmung um nur 0,2 bis 0,4 Tausendstel Volt.

Die Kapazität eines gegebenen Bleiakkumulators wird, wie schon länger bekannt, durch die Stromdichte (vergl. **53**) sowie durch die Konzentration der Säure wesentlich beeinflusst. Die Menge der pro Einheit der elektrolytisch wirksamen Plattenoberfläche (**52**) vorhandenen aktiven Substanz spielt dabei nicht die grosse und ausschliessliche Rolle, welche man früher vermutete. Es ist wesentlich das Verdienst von Schoop,[5]) Liebenow[6]) und von Dolezalek,[7]) die wichtige Einwirkung des Säuregehaltes in der unmittelbaren Umgebung des aktiven Materiales aufgehellt und erklärt zu haben.

---

[1]) Dolezalek, »Theorie des Bleiakkumulators«, Halle 1901, S. 24 ff.
[2]) Le Blanc, »Lehrbuch d. Elektrochemie«, II. Aufl., Leipzig 1900, S. 250 ff.
[3]) Elbs, »Zeitschr. f. Elektrochemie«, III, S. 70 und VI, S. 46.
[4]) Vergl. Dolezalek, l. c. S. 29.
[5]) Schoop, »Sekundär-Elemente«, Halle 1895, I, S. 156.
[6]) Liebenow, »Zeitschr. f. Elektrochemie«, III, S. 71; IV, S. 58.
[7]) Dolezalek, ebenda S. 352, sowie l. c. S. 85 ff. — Vergl. ferner Earle, ebenda Bd. II, S. 502 und 518; Wades, ETZ 1900, S. 290.

Kennt man bei einem geladenen Akkumulator die Menge des aktiven Materiales beider Elektroden, so lässt sich daraus die Anzahl Ampère-Stunden berechnen, welche erforderlich wäre, um es völlig in Bleisulfat zu verwandeln, d. h. das Element vollständig zu entladen. Die so gefundene, theoretisch mögliche Kapazität ist ein Vielfaches der praktisch erzielten, sodass also nur ein mehr oder weniger kleiner Teil der wirksamen Masse ausgenützt wird. Der Hauptgrund hierfür ist die frühzeitig eintretende Abnahme des Säuregehaltes in der unmittelbaren Umgebung des aktiven Materiales.

Von Beginn der Entladung ab wird durch die chemische Umwandlung der Masse an beiden Elektroden Schwefelsäure verbraucht und Wasser gebildet, sodass hier der Säuregehalt abnimmt und die EMK sinkt. Aus den äusseren, stärker konzentrierten Schichten der Flüssigkeit strömt aber durch Diffusion (und wohl auch durch sogen. Konvektion) neue Säure zu, um so schneller, je grösser der Unterschied der Konzentration zwischen den verschiedenen Schichten ist. Nach einiger Zeit hat sich ein Gleichgewichtszustand eingestellt, bei welchem von aussen soviel Säure nach der aktiven Masse transportiert wird, als in dieser gleichzeitig verschwindet. Auf diese Weise werden allmählich die äusseren, der zuströmenden Säure am ersten zugänglichen Partien der aktiven Substanz chemisch umgewandelt und durch das gebildete Bleisulfat, welches ein grösseres Volumen als PbO_2 und Pb besitzt, die feinen Hohlräume (Poren) der Masse verengert. Der Säurezufluss zu den inneren Partien der Masse wird dadurch erschwert und es tritt ein erst langsames, dann rascheres Sinken des Säuregehaltes in ihrer nächsten Umgebung ein. Dementsprechend sinkt auch die elektromotorische Kraft. Die fortschreitende Abnahme der Klemmenspannung während der Entladung ist weit mehr durch das Sinken der EMK infolge Verarmung der wirksamen Masse an Schwefelsäure, als durch das Ansteigen des inneren Widerstandes (vergl. **50**) verursacht.

Hieraus erklärt sich auch die Abnahme der Kapazität bei zunehmender Stromdichte. Je höher diese, desto mehr Schwefelsäure wird in gleicher Zeit durch die aktive Masse verbraucht und desto eher tritt ein Zurückbleiben der Säurezufuhr gegen den Verbrauch, und damit das Abfallen der Spannung ein. Ein Beleg für die Richtigkeit obiger Annahmen ist ferner die Tatsache, dass man aus einem bis zur normalen Spannungsgrenze entladenen Akkumulator noch weitere Elektricitätsmengen innerhalb des zulässigen Spannungsbereiches entnehmen kann, wenn man ihn dazwischen sich einige Stunden »erholen« lässt. Während der Ruhezeit füllen sich nämlich die Poren der aktiven Masse von aussen her wieder mit stärkerer Säure.

Jedes Mittel, das die Zirkulation der Säure in die wirksamen Schichten der Platten befördert, erhöht die praktisch verwertbare Kapazität.[1]) Solche Mittel sind z. B.: geringe Dicke der Masseschichten (daher die bessere Eignung der sogen. Grossoberflächenplatten für starke Entladungen), Füllung der Zellen mit starker Säure (doch hat der Erfolg dieses Mittels ziemlich enge Grenzen), endlich Erwärmung der Zellen (durch diese wird die Säure dünnflüssiger und infolgedessen die Diffusion in die engen Poren der aktiven Masse hinein erleichtert). Die eben genannte Steigerung der Kapazität durch Erwärmung ist sogar recht beträchtlich, um so mehr, je höher die Stromdichte. Sie beträgt 1% pro Grad. und mehr[2])

Wie bei der Ladung die Veränderung der EMK und andere Umstände in ähnlicher Weise durch die Steigerung der Säurekonzentration in der Umgebung der wirksamen Masse wesentlich bedingt werden, ergibt sich aus dem vorstehenden leicht von selbst.

55. Wirkungsgrad. Da die mittlere Spannung bei der Ladung beträchtlich höher ist, als bei der Entladung, so muss schon aus diesem Grunde die in Watt-Stunden gemessene elektrische Arbeits-

---

[1]) Vergl. Wades, ETZ 1900, S. 290.
[2]) Vergl. Heim, ETZ 1901, S. 811.

leistung im ersteren Falle grösser ausfallen, als im letzteren. Man erhält aber ausserdem nicht dieselbe (in Ampère-Stunden gemessene) Elektricitätsmenge bei der Entladung wieder, welche man beim Laden aufgewendet hat. Man kann deswegen in zwei Beziehungen von dem Wirkungsgrade oder Güteverhältnis eines Akkumulators sprechen: bezüglich der in Ampère-Stunden gemessenen Elektricitätsmengen und bezüglich der in Watt-Stunden gemessenen elektrischen Arbeitsleistungen. Man findet das Verhältnis der Elektricitätsmengen, wenn man die bei der Entladung erhaltenen Ampère-Stunden durch die bei der Ladung aufgewendeten dividiert. In gleicher Weise wird der auf die elektrische Arbeitsleistung bezogene Wirkungsgrad aus den entsprechenden in Watt-Stunden gemessenen Werten gefunden.

Lädt man etwa bis zu der in **50** bezeichneten Grenze (2,6–2,7 Volt) und entlädt bis zu etwa 6% Abfall der Klemmenspannung, so zwar, dass die Entladung spätestens innerhalb 24 Stunden nach beendigter Ladung vorgenommen wird, so erhält man je nach der Zeitdauer der Entladung, bezw. je nach der Stromdichte, mit der die Entladung geschieht, bei modernen guten Akkumulatoren nach Messungen des Verfassers als Wirkungsgrade:

Dauer der Entladung	3 Stunden	5 Stunden	7 Stunden
Stromdichte bei Entladung	1,00—1,25	0,70—0,85	0,50—0,65
Wirkungsgrad bezogen auf die Ampère-Stunden	91—90%	93—92%	95—93%
Wirkungsgrad bezogen auf die Watt-Stunden	77—75%	82—79%	84—82%

Dabei ist vorausgesetzt, dass bei der Ladung ebenso wie bei der Entladung die Stromstärke von Anfang bis zu Ende gleichmässig sei.

Erfolgt die Entladung sofort nach beendigter Ladung, so fallen beide Wirkungsgrade um mehrere Prozente höher aus, weil der Säuregehalt in der nächsten Umgebung der aktiven Masse zu Beginn der Entladung höher ist, als wenn eine längere Pause vorherging.

Im praktischen Betriebe werden infolge des Zusammenwirkens verschiedener Umstände die angeführten günstigen Zahlen im allgemeinen nicht erreicht. Man kann bei Kostenberechnungen den auf die elektrische Arbeitsleistung bezüglichen Wirkungsgrad zu nicht viel mehr als etwa 70% bei 3stündiger und zu etwa 75% bei 5stündiger Entladung annehmen.

Beispiel zur Erläuterung der elektrischen Konstanten eines Akkumulators. Der normale Ladestrom betrage 40 Ampère, der

Entladestrom 48 Ampère. Durch Versuche sei gefunden, dass die Ladung, bis die Spannung pro Zelle auf 2,60 Volt gestiegen ist, 4,00 Stunden, die Entladung bis zu 6 % Spannungsabfall 3,02 Stunden dauere. Als Mittelwerte der Spannung seien berechnet worden: für die Ladung 2,27 Volt, für die Entladung 1,89 Volt. Dann sind zur Ladung jeder Zelle aufgewendet worden:

4,00 × 40 = 160 Ampère-Stunden und 2,27 × 160 = 364 Watt-Stunden.

Bei der Entladung wurden erhalten:

3,02 × 48 = 145 Ampère-Stunden und 1,89 × 145 = 274 Watt-Stunden.

Es beträgt also das Verhältnis der Elektricitätsmengen $\frac{145}{160}$ = 0,907 oder 90,7 %, der Wirkungsgrad bezogen auf die elektrischen Arbeitsmengen $\frac{274}{364}$ = 0,753 oder 75,3 %. Bei Berechnung der Betriebskosten kommt nur diese letztere Zahl in Betracht, da die der ladenden Dynamomaschine zuzuführende mechanische Arbeit nur durch die bei der Ladung aufzuwendende elektrische Arbeit bedingt ist.

56. Akkumulatoren für verschiedene Entladungsdauer. Wie oben erläutert, erzielt man bei Akkumulatoren grössere Elektricitätsmengen (höhere Kapazität) und zugleich günstigere Wirkungsgrade, wenn man mit schwächeren Strömen als den höchsten zulässigen lädt und entlädt. Dies hat jedoch zur Folge, dass man für gleiche elektrische Arbeitsleistung grösserer Elemente benötigt, als bei stärkerer Beanspruchung der Platten, wodurch die Anschaffungskosten erhöht werden.

In den die Mehrzahl bildenden Beleuchtungsanlagen, welche für den sogenannten reinen Parallelbetrieb zwischen Akkumulatoren und Dynamomaschine eingerichtet sind (vergl. **72**), ist die grösste vorkommende Stromdichte so bemessen, dass bei dieser die normale Entladung 3 Stunden dauern würde, wenn sie dauernd beibehalten würde. Letzteres ist jedoch gewöhnlich nicht der Fall, sondern die Art des Betriebes (vergl. **71**) bringt es mit sich, dass der grössere Teil der Entladung mit geringerer Stromdichte erfolgt. Die Dauer der normalen Ladung beträgt gewöhnlich zwischen 4 und 5 Stunden.

In anderen Fällen liegen die Verhältnisse derart, dass die Entladestromstärke (bezw. die Stromdichte) sich nicht viel verändert, dass aber der Strom für verhältnismässig lange Zeit — 7 bis 10 Stunden und mehr — gebraucht wird. Dementsprechend sind

hier für gleichen Entladestrom weit grössere Zellen erforderlich, als bei 3 stündiger Entladung.

Endlich wird zuweilen eine Entladung in ganz kurzer Zeit gewünscht. Dies ist z. B. in solchen Anlagen der Fall, wo der Maschinenbetrieb Tag und Nacht währt und in 24 Stunden nur 1 bis 2 Schmierpausen von höchstens 1 Stunde Dauer vorkommen, während deren jedoch die Beleuchtung keine Unterbrechung erfahren soll (z. B. in den Kellern von Brauereien). In diesem Falle wird der Akkumulator nur dann völlig ausgenutzt, wenn er in etwa 1 Stunde vollkommen entladen werden kann. Oder man wünscht, dass die Batterie vorübergehendes, sich jedoch oft wiederholendes, starkes Ansteigen des Entlade- sowie des Ladestromes ohne Schaden vertragen soll. Dies ist der Fall bei den sogen. Pufferbatterien für Strassenbahnen und andere Kraftübertragungs-Anlagen, welche parallel mit dem äusseren Stromkreise an die Dynamomaschinen gesetzt werden und bestimmt sind, durch Aufnahme der starken Stromschwankungen, wie sie der Betrieb mit sich bringt, die Maschinen zu schonen und deren Ausnutzung wirtschaftlicher zu machen.

Für derartige Zwecke bauen zur Zeit verschiedene Fabriken »Akkumulatoren für starke Entladung«. Diese können von 3 Stunden bis herab zu 1 Stunde völlig entladen und in etwa 2 Stunden geladen werden, sollen aber auch vorübergehende Stromstösse von noch höherem Betrage vertragen, als die Stromstärken bei 1 stündiger Entladung bezw. 2 stündiger Ladung sind. Die Stromdichte, bezogen auf die Oberfläche, die man aus den äusseren Abmessungen der Platten erhält, beträgt bei den Akkumulatoren »für starke Entladung« im Maximum, bei Entladung in 1 Stunde, etwa 2,0 bis 2,6 Ampère auf 1 *qdm*, bei der Ladung in 2 Stunden etwa 1,3 bis 1,7 Ampère für 1 *qdm*.

Die Platten für derartige stark beanspruchte Akkumulatoren müssen naturgemäss eine möglichst grosse »wirksame Oberfläche« (vergl. **53**) besitzen. Einzelne Fabriken verwenden dazu Platten mit einem Bleikern, der durch geeignete Rinnen, Nuten, Löcher, Vorsprünge oder dergl. besonders stark zerteilt ist (sogen. Grossoberflächen-Platten); andere haben ihr Plattenmodell überhaupt in dieser Richtung vervollkommnet und benutzen eine und dieselbe Plattenart durchgehends für alle Stromdichten.

Naturgemäss ergibt eine und dieselbe Plattenform bei völliger Entladung in einer Stunde lange nicht die Kapazität, die man bei 3 stündiger oder gar noch längerer Dauer der Entladung erzielt (vergl. **53**, **55**, **56**).

Ausgeführte Konstruktionen von Akkumulatoren.

Es mögen nun Beschreibungen der Bauart einiger Akkumulatoren — vorwiegend aus deutschen Fabriken — nebst tabellarischen Angaben über deren Leistung, Abmessungen u. s. w. folgen.

57. Tudor-Akkumulatoren der **Akkumulatorenfabrik, Aktien-Gesellschaft,** in Hagen i. Westf. Die neueste Form der positiven Platte obiger Firma ist der älteren, in der 1. Auflage dieser Schrift beschriebenen, der eigentlichen Tudor-Platte, nicht unähnlich, nachdem inzwischen andere Konstruktionen ausgeführt und wieder verlassen worden sind. Nur ist die »wirksame Oberfläche« gegen jene beträchtlich vergrössert. Die in einem Stücke gegossene rohe Bleiplatte ist von einer grossen Anzahl vertikal laufender, tiefer Nuten durchzogen, welche 1,1 bis 1,2 *mm* von einander abstehen. Diese gehen ganz durch die Platte hindurch, sind jedoch von 6 zu 6 *mm* Entfernung unterbrochen, sodass in diesen Abständen schmale Rippen stehen bleiben, welche horizontal durch die Platte laufen und zu deren Versteifung dienen. Die Platte

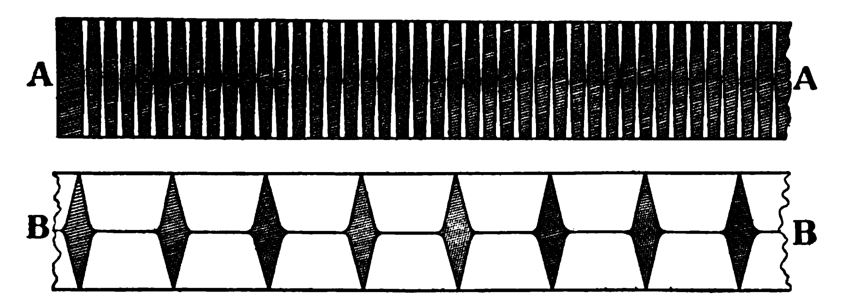


Fig. 112.

bildet somit ein Gitter mit länglichen, sehr schmalen Öffnungen. Durch die nebenstehenden Schnittzeichnungen (Fig. 112) wird die Konstruktion besser erläutert. Von diesen stellt AA einen horizontalen Schnitt durch einen Teil der senkrecht hängend gedachten Platte dar. Dieser Schnitt ist in der Mitte zwischen zwei der erwähnten horizontal laufenden Rippen geführt. BB ist ein Vertikalschnitt, welcher zwischen zweien der schmalen Längsstreifen läuft. Er zeigt die Horizontalrippen geschnitten (schraffiert), den dahinter liegenden Längsstreifen in Ansicht (weiss). Beide Schnitte sind in doppelter natürlicher Grösse dargestellt. Die Dicke der Platte, zwischen den beiden Aussenflächen gemessen, beträgt 7,5 *mm*.

Sowohl die Längsstreifen, wie die Querrippen verdicken sich nach innen. Erstere sind in der Mitte etwa 0,9, an beiden Aussenseiten 0,6 bis 0,7 *mm* stark, die Horizontalrippen aussen nur etwa 0,1, in der Mitte dagegen 2,5 bis 3,0 *mm*. Die Öffnungen des Gitters messen aussen 5,9 : 0,5 *mm* und verengen sich nach innen bis auf etwa 3,0 : 0,2 *mm*. Hiernach beträgt die elektrolytisch wirksame Oberfläche der positiven Elektrode etwa das $5^1/_2$ fache von der einer glatten Platte von gleicher Länge und Breite.

Fig. 113 zeigt die äussere Form einer positiven Platte der kleinsten Type, in $\frac{1}{3,6}$ der natürlichen Grösse. Sie besitzt zur Versteifung einen umlaufenden Rand von $1^1/_2$ bis 2 *mm* Stärke. Jede Platte trägt an den beiden oberen Ecken zwei angegossene Ansätze, sogen. Fahnen, welche rechtwinklig nach aussen gebogen sind und zum Aufhängen der Platte dienen. Die eine Fahne besitzt

noch einen vertikalen Fortsatz, welcher bestimmt ist, mit der die Platten gleicher Art verbindenden Bleileiste verlötet zu werden.

Die zu positiven Elektroden bestimmten rohen Bleiplatten erhalten lediglich eine **Formierung nach Planté** von nur kurzer Zeitdauer. Füllmasse wird nicht angewendet.

Die negativen Platten sind ebenfalls Gitterplatten aus rechtwinklig sich kreuzenden Stäbchen, jedoch von grösserer Weite der Öffnungen. Sie werden

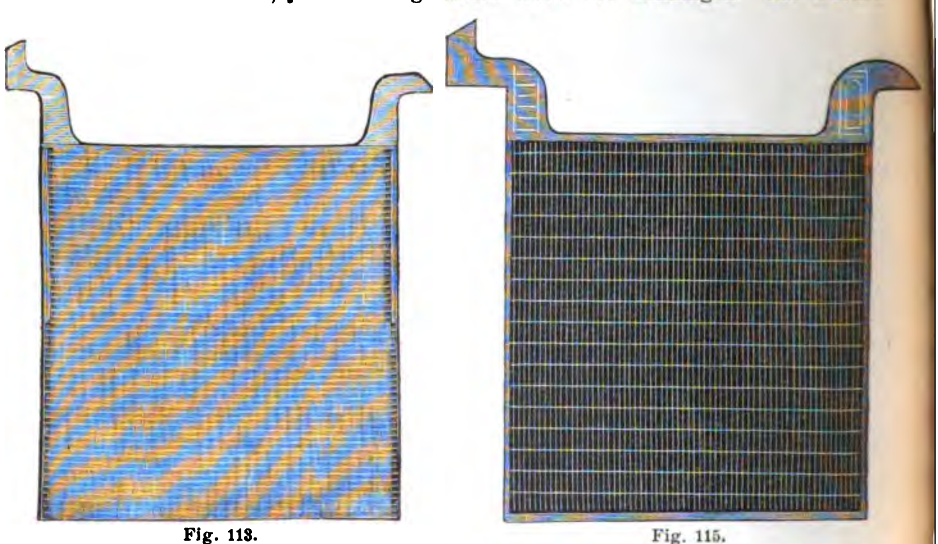


Fig. 113. Fig. 115.

aus Hartblei in einem Stücke gegossen. Die vertikal laufenden Gitterstäbe sind an den beiden Flächen der Platte 0,4 *mm* stark, verdicken sich nach innen zu auf 0,8 *mm* und stehen 2,5 *mm* von einander ab. In horizontaler Richtung

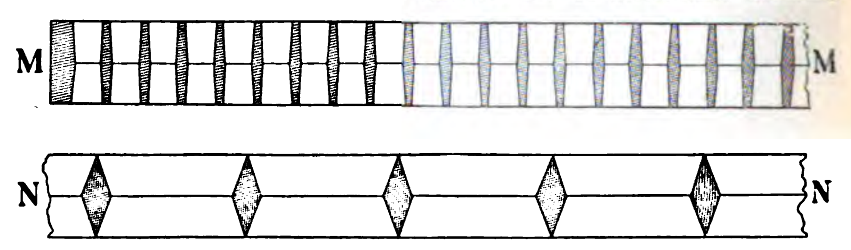


Fig. 114.

laufen kräftigere Rippen, welche rautenförmigen Querschnitt besitzen, in der Mitte der Platte 2,0 *mm*, an deren beiden Oberflächen nur etwa 0,1 *mm* stark sind. Ihre Entfernung von einander beträgt 10 *mm*. Die Öffnungen des Gitters messen aussen 10 : 2,2 *mm* und verengern sich nach dem Inneren der Platte zu auf etwa 8 : 1,6 *mm*. Die Dicke der Platte beträgt 5,5 *mm*.

Fig. 114 stellt zwei Schnitte durch die eben beschriebene rohe Bleiplatte in doppelter Naturgrösse dar. Beide sind senkrecht zur Plattenebene geführt. Der eine, horizontale M M, schneidet die Vertikalstäbchen und lässt die dahinter liegende horizontale Rippe in Ansicht erscheinen, während bei dem Vertikalschnitte N N das Umgekehrte der Fall ist.

Die »Flächenentwickelung« dieser Platte, d. h. die elektrolytisch wirksame Oberfläche, in der sie mit dem aktiven Materiale bezw. mit der Flüssigkeit in Berührung ist, beträgt ungefähr das 2,1 fache von der Fläche einer glatten Platte von gleicher Länge und Breite.

Fig. 115 gibt die Ansicht einer ganzen negativen Platte der kleinsten Type in $^1/_4$ der natürlichen Grösse. Die Platte besitzt, wie die positive, zur Versteifung ringsum einen etwa 2 *mm* starken Rand und am oberen Rande zwei Aufhängefahnen. Um die letzteren möglichst solide mit der Platte zu verbinden, ist das Gitter an den beiden oberen Ecken der Platte stärker ausgeführt, indem man mehreren der vertikalen Stäbchen an dieser Stelle die dreifache Dicke der übrigen gegeben und unmittelbar am Rande rechts und links je zwei Öffnungen fortgelassen hat. Die Fahnen der negativen Platten tragen in ihrem unmittelbar auf der Platte aufsitzenden senkrechten Teile beiderseits je zwei vorspringende Rippen von etwa 4 *mm* Höhe und 9 *mm* Abstand (im Lichten). Diese sind dazu bestimmt, den noch zu besprechenden Glasröhren, welche die benachbarten Platten auseinanderhalten, einen Halt zu geben.

In die zu negativen Platten bestimmten Bleigitter wird ein breiiges Gemisch aus Bleiglätte und verdünnter Schwefelsäure fest eingestrichen, das man jedoch durch gewisse Zusätze, nach einem von der Fabrik geheim gehaltenen Verfahren, porös gemacht hat. Die Poren haben den Zweck, das Eindringen der Säure in die aktive Masse zu erleichtern, das Herausquellen der letzteren aus den Gitteröffnungen bei reichlicher Gasbildung zu verhindern, sowie das bei alleiniger Anwendung von Bleiglätte früher viel vorgekommene Zusammensintern, Schrumpfen und Hartwerden des Schwammbleies, verbunden mit Abnahme der Kapazität, zu verhüten.

Die negativen Platten erhalten in der Fabrik keine Formierung. Sie werden nach dem Trocknen nur einige Zeit in verdünnte Schwefelsäure getaucht. Beim abermaligen Trocknen an der Luft wird dann die Füllmasse fest und die Platten werden in diesem Zustande verschickt. Die Umwandlung der Masse in Bleischwamm erfolgt bei der erstmaligen, langdauernden Ladung der fertig aufgestellten Batterien.

Die im vorstehenden beschriebenen Platten sind zunächst für solche Batterien bestimmt, bei welchen die normale Entladung mindestens drei Stunden dauern soll. Wie aber schon in **56** erwähnt, wünscht man heutzutage in manchen Fällen eine Batterie in weit kürzerer Zeit, bis herab zu einer Stunde, völlig zu entladen. Zu derartigen »Batterien für starke Entladung« verwendet die »Akkumulatorenfabrik, A.-G.« die nämlichen Platten, wie auch für schwächer beanspruchte Batterien, nur dass die positiven eine etwas länger dauernde Formierung erhalten.

Die Grössen, in welchen die Platten der »Akkumulatorenfabrik, A.-G.« gegossen werden, sind:

Type	Höhe	Breite
H_1	180 *mm*	167 *mm*
H_2	345 »	167 »
H_4	363 »	350 »
H_8	736 »	357 »

Platten von noch grösserer Oberfläche werden dadurch erhalten, dass man zwei Platten H_8 in kleinem Abstande neben einander setzt und ihre zusammenstossenden Fahnen durch Bleilötung verbindet. Die auf diese Art erhaltene Platte H_{16} besitzt die 16 fache wirksame Oberfläche wie H_1. Sie wird nur für Zellen von sehr grosser Kapazität verwendet.

Zusammenbau der Elemente. Die Gefässe, in denen die einzelnen positiven und negativen Platten zu fertigen Elementen zusammenmontiert werden, bestehen bei den kleineren Typen, bis zu einer Kapazität von 648 Ampère-Stunden bei dreistündiger Entladung, aus Glas; bei allen grösseren werden säurebeständig imprägnierte, an den Seitenkanten solide verzapfte Holzkästen verwendet, die innen und am oberen Rande mit einem 1 *mm* starken Bleiüberzug versehen sind. Doch werden auch noch die beiden nächst kleineren

Typen (für 648 und 567 Ampère-Stunden bei dreistündiger Entladung) nach Belieben ebenfalls mit Holzkästen versehen. In diesen Behältern sind die Platten, aus den noch anzuführenden Gründen, aufgehängt, sodass unterhalb noch ein 80 bis 120 *mm* tiefer freier Raum im Gefässe bleibt. Die Aufhängung

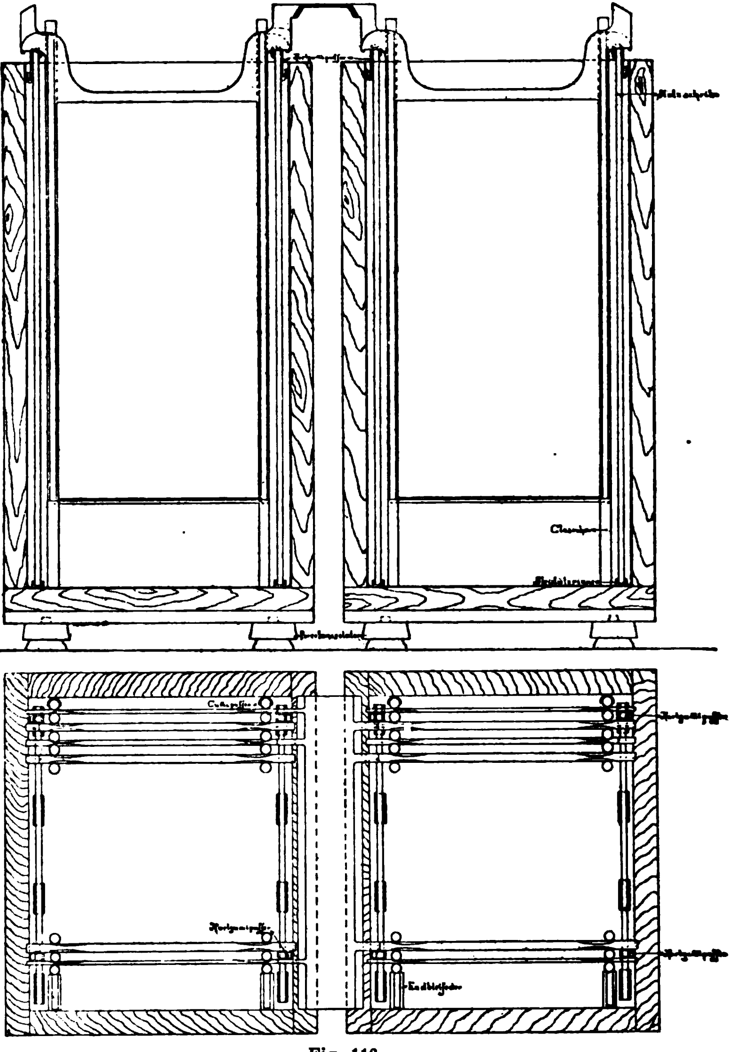


Fig. 116.

geschieht, wie erwähnt, mittels der an den beiden oberen Ecken jeder Platte angegossenen Ansätze (Fahnen). Mit diesen Vorsprüngen werden sie bei Verwendung von Glasgefässen unmittelbar auf den Gefässrand, bei bleigefütterten Holzkästen auf besondere gläserne Stützscheiben gehängt, die über den oberen Kastenrand etwas hervorragen.

Um die Platten in ein Holzgefäss einzubauen, werden zunächst die beiden eben genannten Stützscheiben nahe an zwei einander gegenüberliegenden Kastenwänden aufgestellt. Ihre unteren Kanten stehen dabei in bleiernen Stützrinnen, damit die Verbleiung des Kastens nicht beschädigt wird, während sie oben durch übergehängte elastische Haken aus Hartgummi in geeigneter Entfernung von den Wänden gehalten werden. Nun werden die negativen und positiven Platten abwechselnd mit ihren vorspringenden Fahnen auf die Stützscheiben aufgehängt. Sie werden durch Glasröhren im richtigen Abstande (etwa 15 *mm*) auseinander gehalten. Diese Glasröhren stehen nahe den beiden Seitenkanten der Platten. Sie legen sich in die oben erwähnten Rinnen an den Fahnen der negativen Platten etwas ein und sind dadurch in ihrer Lage fixiert. Mit ihrem

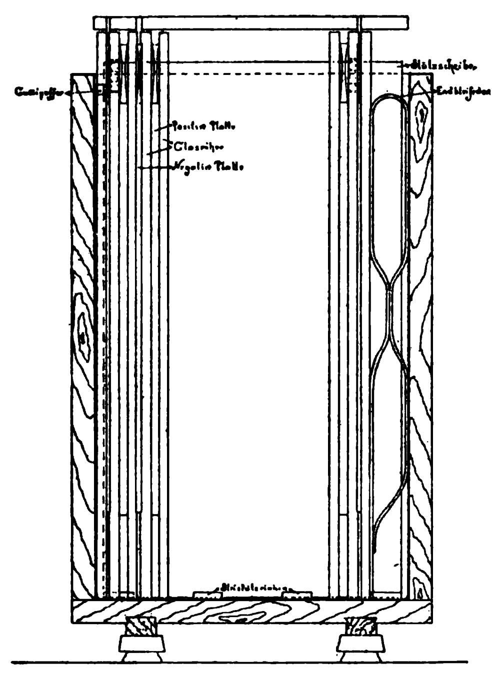


Fig. 117.

unteren Ende stehen sie auf dem Gefässboden auf. Der ganze Plattensatz wird an seinem einen Ende durch zwei mit weichem Kautschuk gepolsterte Glasröhren von der Kastenwand ferngehalten; auf der entgegengesetzten Seite ist zwischen die letzte Platte und die Wand eine elastische Feder aus Hartblei eingeklemmt, die ihrerseits von der Platte durch ein zwischengestecktes Glasrohr isoliert ist. Auf der letztgenannten Seite ist der freie Raum zwischen der Endplatte und der Kastenwand bei einigen Typen so gross, dass bei einer erforderlich werdenden Vergrösserung der Batterie noch ein oder mehrere Plattenpaare eingesetzt werden können.

Der eben beschriebene Aufbau der Platten in einem bleigefütterten Holzkasten ist in Fig. 116 in der Seitenansicht und von oben gesehen, in Fig. 117 in einer zweiten Seitenansicht dargestellt. In den beiden ebengenannten Abbildungen sind nur die Platten an beiden Enden des Plattensatzes gezeichnet.

In Glasgefässe werden die Platten in der gleichen Weise eingebaut, wie in Holzkästen; nur fallen die Stützscheiben weg, da die Platten unmittelbar

auf die Gefässränder gehängt werden. Auch ist eine besondere Isolierung der Platten von den Wänden des Gefässes nicht erforderlich. Fig. 118 zeigt eine kleine Zelle mit Glasgefäss in perspektivischer Ansicht, Fig. 119 im Aufriss und Fig. 120 von oben gesehen. Die Glasgefässe besitzen im Boden vier Vertiefungen, welche nach aussen als Füsse vorspringen. Bei grösseren Typen fallen diese weg.

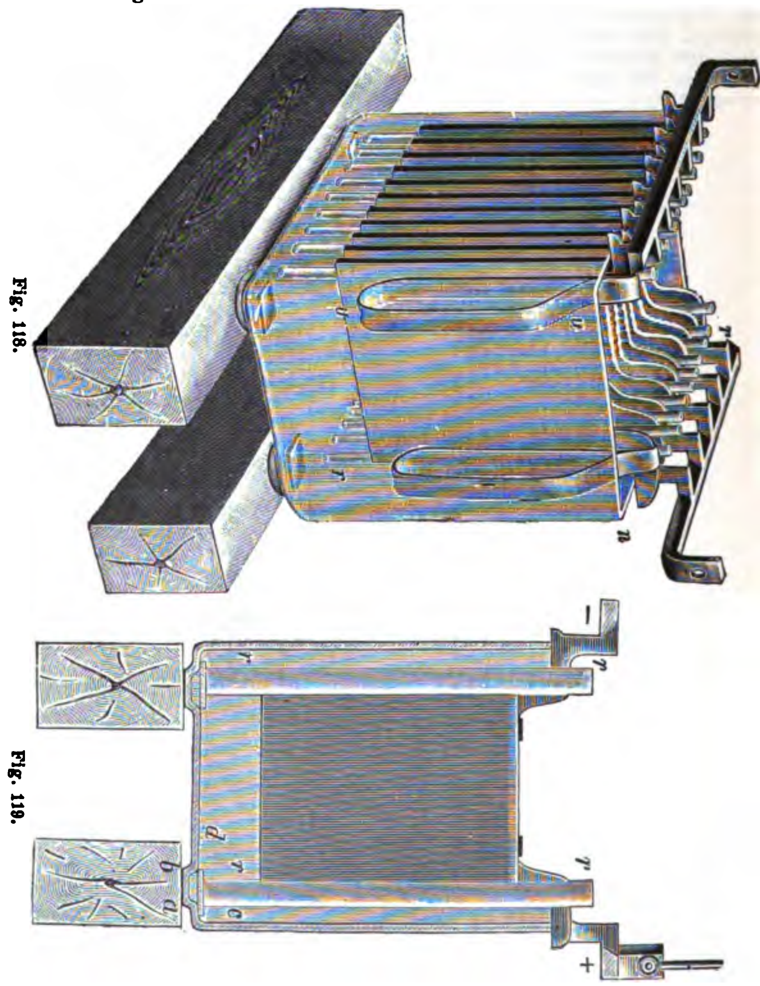


Fig. 118.

Fig. 119.

Die leitende Verbindung der einzelnen gleichartigen Platten einer Zelle geschieht dadurch, dass man das äusserste, vertikal stehende Stück ihrer Ansätze (Fahnen) mit einer kräftigen Bleileiste verlötet. Zu diesem Zwecke dienen sogen. Lötzangen, mit denen man zwischen jeder Fahne und der Bleileiste ein kleines leeres Kästchen herstellt, das dann mit Hülfe des Wasserstoffgebläses mit flüssigem Blei ausgefüllt wird. Dadurch entsteht ein rechteckiges, wagerecht stehendes Verbindungsstück, das einerseits mit dem Plattenansatz, anderer-

seits mit der Bleileiste verschmolzen ist. Nach dem Erstarren des Bleies wird die Lötzange wieder weggenommen. Diese Art der Verbindung ist aus Fig. 118 bis 120 deutlich zu erkennen.

Auch die Verbindung der aufeinander folgenden Zellen einer Batterie geschieht durch Bleilötung. Bei kleineren Elementen werden die positiven Platten der einen und die negativen Platten der nächsten Zelle mit einer und derselben Bleileiste so verlötet, wie Fig. 121 im Schema zeigt. Die Bleileiste läuft hier seitlich, parallel mit der Reihe der Zellen. Bei grösseren Typen wird die Verbindung in der in Fig. 122 schematisch dargestellten Weise ausgeführt. Die Elemente sind in diesem Falle so aufgestellt, dass die Ebenen der Platten parallel mit der Verbindungslinie der aufeinanderfolgenden Zellen laufen. Die Bleileiste steht senkrecht dazu, und es werden alle positiven Platten einer Zelle und alle negativen der nächsten mit der quer dazwischen durchlaufenden Bleileiste verlötet. Diese besitzt ein ⊓ förmiges Profil. Diese Art der Verbindung ist auch aus Fig. 116 deutlich zu erkennen. Man erreicht durch sie eine ganz gleichmässige Verteilung des Stromes auf die einzelnen Platten jedes Elementes und möglichst geringen Widerstand der Verbindungsstücke.

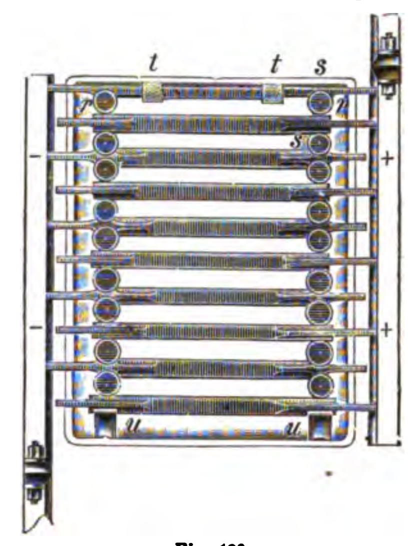


Fig. 120.

Es sei noch bemerkt, dass die Hagener Fabrik bei kleineren Typen die Plattensätze der einzelnen Zellen auch fertig zusammengelötet verschickt, insbesondere nach solchen Orten, wo geschulte Monteure nicht zur Verfügung stehen. In diesem Falle werden die Elemente nicht durch Bleilötung, sondern durch Verschraubung verbunden. Jede Bleileiste ist am einen Ende senkrecht aufgebogen und mit einem Loche versehen. Sie wird mit der nächsten durch eine verbleite Bolzenschraube verbunden. Die in Fig. 118 bis 120 dargestellten Zellen zeigen diese Einrichtung.

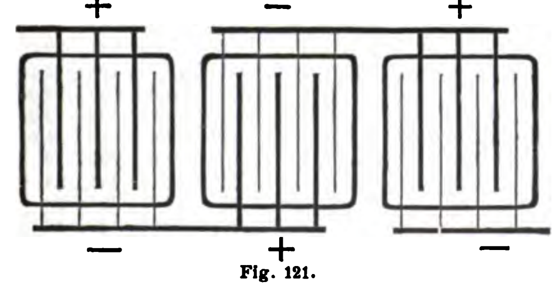
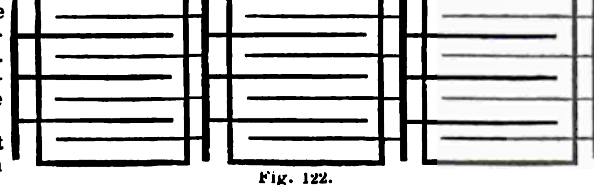


Fig. 121.

Da die aktive Schicht der neueren positiven Tudor - Platten ausschliesslich durch Planté'sche Formierung hergestellt ist, so verdickt sie sich beim Gebrauche mehr und mehr dadurch, dass die Formierung immer weiter in den Bleikern hinein fortschreitet. Mit zunehmender Dicke blättern jedoch


Fig. 122.

die äusseren Teile der Planté-Schicht allmählich los und fallen ab. Da dies die Kapazität vorübergehend vermindert, so sucht man das Abblättern recht lange hinauszuschieben, damit die aktive Schicht stets möglichst stark bleibe. Da nun beobachtet worden ist, dass das Abblättern um so eher erfolgt, je geringer die Konzentration der Schwefelsäure ist, so wird eine verhältnismässig starke Säure verwendet. Ihr spezifisches Gewicht beträgt 1,18 (22° Baumé) entsprechend einem Säuregehalt von etwa 25%.

Eine starke Säure anzuwenden, empfiehlt sich noch besonders bei den erwähnten Akkumulatoren für rasche Entladung, weil hier die Mischung der Säureteile in nächster Umgebung der Platte und in den Poren derselben mit den weiter nach aussen befindlichen nicht schnell genug erfolgen kann, wenn bei der Entladung die Konzentration zunächst den Platten rasch abnimmt. Wäre nun die Zelle mit einer verhältnismässig schwachen Säure gefüllt, so könnte der Säuregehalt unmittelbar an und innerhalb der aktiven Masse allzu schnell sinken, was einen zu raschen Abfall der Klemmenspannung (vergl. **50**) zur Folge haben würde.

Tabelle 27.

Akkumulatoren der Akkumulatoren-Fabrik, Aktien-Gesellschaft in Berlin bezw. Hagen in Westfalen.

Type	a Entladung in 3 Stdn.		b Entladung in 5 Stdn.		c Entladung in 7½ Stdn.		d Entladung in 10 Stdn.		Max. Ladestrom	Aussenmasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,18, *l*
	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	A	Länge *cm*	Breite *cm*	Höhe *cm*	*kg*	
G 1	18	6	20	4	22	2,9	24	2,4	6	8	22	30	7	4
» 2	36	12	40	8	44	5,9	48	4,8	12	13	22	30	10	6
» 3	54	18	60	12	67	8,9	73	7,3	18	13	22	30	14	6
» 4	72	24	81	16	89	11,9	97	9,7	24	18	22	30	18	8
» 5	90	30	101	20	111	14,8	121	12,1	30	22	23	30	22	10
» 6	108	36	121	24	133	17,7	145	14,5	36	22	28	30	26	13
» 7	126	42	141	28	156	20,8	169	16,9	42	22	28	30	30	12
» 8	144	48	162	32	178	23,7	193	19,3	48	22	20	51	33	15
» 10	180	60	202	40	222	29,6	242	24,0	60	22	25	51	41	19
» 12	216	72	243	48	267	35,0	290	29	72	22	30	51	48	23
» 14	252	84	283	56	311	41	338	33	84	22	30	51	53	22
» 16	288	96	324	64	356	47	387	38	96	22	35	51	61	26
» 18	324	108	364	72	400	53	435	43	108	22	40	52	69	30
» 20	360	120	405	81	445	59	483	48	120	22	44	52	76	33
» 22	396	132	446	89	489	65	532	53	132	22	44	52	82	32
» 24	486	162	547	109	600	80	653	65	162	40	27	54	96	39
» 28	567	189	638	127	700	93	761	76	189	40	32	54	110	47
» 32	648	216	730	146	800	106	870	87	216	40	34	54	125	49
G 36	729	243	821	164	900	120	979	97	243	47	45	60	180	63
» 40	810	270	912	182	1000	133	1088	108	270	47	49	60	190	70
» 44	891	297	1003	200	1100	146	1197	119	297	47	53	60	210	75
» 48	972	324	1094	218	1200	160	1305	130	324	47	56	60	225	81
und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:														
G 736	14904	4968	16781	3356	18406	2453	20016	2001	4968	87	207	103	3120	1135

Die vorstehende Tabelle 27 enthält Angaben über Kapazität, maximalen Entlade- und Ladestrom, Säuremengen u. s. w. der in Hagen fabrizierten Tudor-Akkumulatoren »für langsame Entladung« (in mindestens 3 Stunden), Type G. Wie in **53**, **55** und **56** erläutert, ist je nach der Höhe der angewendeten Stromdichte (bezw. je nach der Stromstärke, mit der eine und dieselbe Zelle entladen wird) nicht nur die Zeitdauer der Entladung, sondern auch die erzielte,

in Ampére-Stunden gemessene Kapazität verschieden, so zwar, dass die Kapazität mit abnehmender Stromdichte grösser wird. Die »Akkumulatorenfabrik, Aktien-Gesellschaft« garantiert nun für vier verschiedene Werte der Stromdichte, welche einer 3-, 5-, $7^1/_2$- und 10-stündigen Entladungsdauer entsprechen, bestimmte Beträge der Kapazität. In Tabelle 27 steht in der ersten Kolumne die Grössennummer der betreffenden Zelle und in derselben Horizontalzeile mit dieser unter a, b, c, d die Kapazitätswerte, die das Element bei 3-, 5-, $7^1/_2$- oder 10-stündiger Entladung (die Stromstärken sind beigeschrieben) ergibt, wenn es soweit entladen wird, dass die Klemmenspannung nur noch 1,83 Volt beträgt. Setzt man die Kapazität, welche bei Entladung in 3 Stunden erzielt wird = 1, so sind die Kapazitätsbeträge bei 5-, $7^1/_2$- und 10-stündiger Entladung durch die folgenden Verhältniszahlen ausgedrückt:

	a	b	c	d	
Zeitdauer der Entladung	3	5	$7^1/_2$	10	Stunden
Stromdichte	1,00	0,67	0,49	0,40	$\frac{\text{Ampère}}{qdm}$
Kapazität	1,00	1,125	1,23	1,34	

Für die Ladung beträgt die maximal zulässige Stromdichte in allen Fällen etwa 1,00 Ampère für 1 *qdm*.

Bei den Grössen G 1 bis G 32 hängen die Platten, wie schon erwähnt, in Glasgefässen, von G 36 ab in säurebeständig imprägnierten, mit Blei ausgekleideten Holzkästen. Bei Angabe der Gefässhöhe sind die event. untergestellten Isolatoren (vergl. Fig. 116 und 117) mitgerechnet.

Tabelle 28.

Akkumulatoren für 1—3 stündige Entladung der Akkumulatoren-Fabrik, Aktien-Gesellschaft.

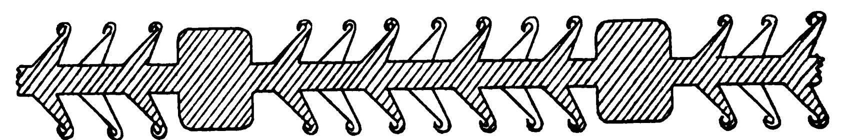
Type	f Entladung in 1 Stunde		g Entladung in 2 Stunden		h Entladung in 3 Stunden		Maximaler Ladestrom
	Kapazität	Entlade-strom	Kapazität	Entlade-strom	Kapazität	Entlade-strom	
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A
GS 1	12	12	14	7,0	16	5,5	7,0
» 2	24	24	28	14,0	33	11,0	15,2
» 3	36	36	43	21,5	50	16,5	22,9
» 4	49	49	58	29,0	68	22,5	30,5
» 5	61	61	72	36,0	84	28,0	37,5
» 6	73	73	87	43,5	101	33,5	45,1
» 7	85	85	101	50,5	118	39,0	52,7
» 8	99	99	118	59,0	137	45,5	60,0
» 10	123	123	147	73,5	171	57,0	75
» 12	148	148	177	88,0	206	68	91
» 14	173	173	206	103	240	80	106
» 16	198	198	236	118	275	91	121
» 18	222	222	265	132	309	103	136
» 20	247	247	295	147	343	114	151
» 22	271	271	324	162	377	126	170
» 24	330	330	394	197	459	153	204
» 28	388	388	464	232	540	180	238
» 32	444	444	531	265	618	206	272
GS 36	499	499	596	298	694	231	306
» 40	555	555	663	331	772	257	340
» 44	610	610	729	364	849	283	374
» 48	666	666	796	398	927	309	408
und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:							
GS 232	3219	3219	3849	1924	4480	1493	1971

Tabelle 28 enthält die entsprechenden Angaben über Akkumulatoren »für starke Entladung», Type GS, und zwar die Kapazitätsbeträge und Stromstärken bei Entladung in 1, 2 und 3 Stunden unter f, g und h. Die angegebenen Kapazitätsbeträge werden erhalten, wenn man bis 1,75 Volt entlädt. Das Verhältnis derselben zu einander, sowie die Stromdichten ergeben sich aus folgender Zusammenstellung, in der die Kapazität bei 3-stünd. Entladung = 1 gesetzt ist:

	f	g	h	
Zeitdauer der Entladung	1	2	3	Stunden
Stromdichte	2,05	1,22	0,95	$\frac{\text{Ampère}}{qdm}$
Kapazität	0,72	0,86	1,00	

Für die Ladung beträgt die Stromdichte in allen Fällen etwa 1,25 Ampère für 1 *qdm*. Die Tabelle enthält keine Angaben über Dimensionen, Gewichte und Säurebedarf, da diese Zahlen mit den entsprechenden der Elemente für 3 bis 10-stündige Entladung, welche die gleiche Nummer tragen, übereinstimmen. Die Typen GS 1 bis GS 32 haben Glasgefässe, diejenigen von GS 33 ab Holzkästen.

58. Akkumulatoren der **Akkumulatoren-Werke, System Pollak, Aktien-Gesellschaft** in Frankfurt a. M.



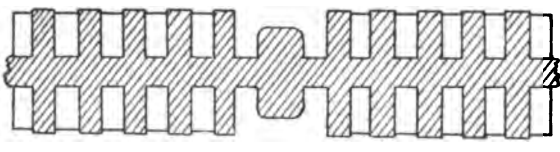


Fig. 123.

Die ursprünglichen Platten des Akkumulators von Pollak sind aus Blei gewalzt und besitzen eine grosse Anzahl herausragender vierkantiger Zäpfchen, sodass sich die Oberfläche der rohen Bleiplatte mit der einer Bürste mit kurzen, starken Borsten vergleichen lässt. Zur Versteifung laufen eine Anzahl massiver Längs- und Querrippen hindurch. Fig. 123 zeigt ein Stück einer solchen Platte in zwei Durchschnitten, von denen der eine in senkrechter, der andere in horizontaler Richtung läuft, aufs doppelte vergrössert. Daraus ist ersichtlich, dass die Zäpfchen in Reihen geordnet sind, welche bei der fertig im Elemente montierten Platte senkrecht laufen und etwa 3 *mm* auseinanderstehen. In jeder Vertikalreihe kommt auf je 6 *mm* ein Zäpfchen. Die Zäpfchen jeder Reihe sind jedoch gegen die der beiden neben ihr laufenden um 3 *mm* versetzt, sodass in den obigen Schnittfiguren die Zäpfchen einer Reihe im Schnitt, die der benachbarten in Ansicht erscheinen. Der massive Kern der Platten ist etwa 2 *mm* stark, die versteifenden Rippen 5 bis 6 *mm*, sodass sie auf jeder Seite etwa 2 *mm* hervorragen. Die Zäpfchen ragen 2 bis 3 *mm* über den Grund der Platte heraus. Ihre Länge ist zwar etwa 4 *mm*, sie stehen jedoch schräg und krümmen sich am Ende in Form von Häkchen. Die Breite und Dicke der viereckigen Zäpfchen ist da, wo sie aus der Platte heraustreten, je etwa 1,5 *mm*. Sie verjüngen sich nach aussen in der Weise, dass die Dicke auf 0,4 *mm* abnimmt, während die Breite dieselbe bleibt. Die zur Versteifung dienenden Vertikalrippen stehen 35 *mm*, die horizontalen Rippen 30 *mm* auseinander. Fig. 124 gibt die photographische Ansicht eines von den Querrippen begrenzten Feldes einer derartigen Platte in natürlicher Grösse.

Die Herstellung der eben beschriebenen Bleiplatten geschieht durch Walzen in der Weise, dass man Tafelblei in Form breiter Bänder aus ge-

schmolzenem Blei presst und diese Streifen dann zwischen Façonwalzen langsam durchpassieren lässt. Die letzteren bestehen aus massiven, zylindrischen Kernen, auf welche zahlreiche Ringe aus 1,5 *mm* starkem Stahlblech dicht nebeneinander aufgezogen werden, in welche das erforderliche Muster eingefräst ist. Fig. 125 veranschaulicht ein derartiges Walzenpaar in Ansicht und im Schnitt. Von den in grösseren Längen gewalzten Streifen werden Stücke von passender Grösse abgeschnitten, an deren Oberkante man Ansätze (Fahnen) aus Blei anlötet. Eine so erhaltene fertige Bleiplatte ist in Fig. 126 abgebildet, indessen ist die Gestalt der Fahnen heutzutage anders als bei dieser Abbildung.



Fig. 124.

Die Vertiefungen der rohen Bleiplatten werden mit aktivem Materiale ausgefüllt, das nach dem folgenden Verfahren erhalten wird. Man bereitet aus Bleikarbonat (kohlensaurem Blei) durch Zusatz von etwas Kalilauge einen Teig, den man auf die Platten aufstreicht. Nach dem Trocknen werden die Platten als negative Elektroden in Bäder mit alkalischer Flüssigkeit eingehängt und durch den Strom das Karbonat zu metallischem Blei reduziert. Letzteres ist fein zerteilt und von schwammiger Beschaffenheit. In noch feuchtem Zustande wird es nun zusammengepresst,

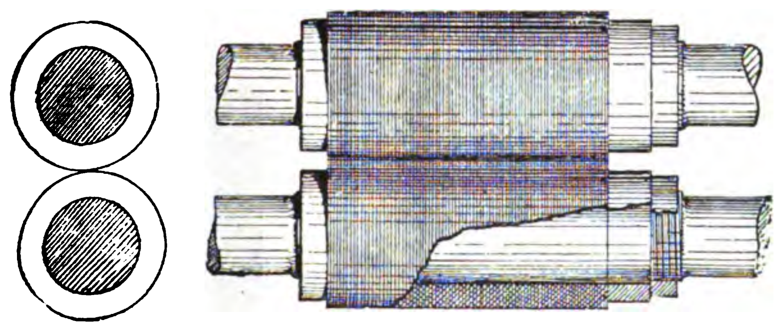


Fig. 125.

bleibt aber dennoch porös, während es andererseits an der Grundplatte fest anhaftet. Die zu negativen Platten bestimmten Platten sind damit fertig, die positiven erhalten eine Formierung, bei der die poröse Bleischicht in Bleisuperoxyd verwandelt wird. Die gesamte Zeitdauer für ihre Pastierung und Formierung beträgt, nach Angabe der Fabrik, nicht über 72 Stunden.

Nach dem Gesagten hat man die Pollak'sche Platte als ein Mittelding zwischen dem Planté'schen und dem Faure'schen Typus anzusehen.

Bei der beschriebenen Art der Herstellung wird die Verbindung zwischen aktiver Masse und Bleiträger eine so innige, dass die Grenzlinie zwischen beiden nicht mehr scharf wahrzunehmen ist. Die Platten lassen sich klopfen und biegen, ohne dass die Masse abfällt. Auch haftet sie im dauernden Betriebe verhältnismässig recht fest an. Die fertigen Platten zeigen eine glatte Oberfläche. Ihre Dicke beträgt ca. 7 *mm* für die positiven und ca. 6 *mm* für die negativen.

Für Batterien, welche dauernd stark beansprucht werden, fabriziert die Firma neuerdings positive Grossoberflächen-Platten. Diese werden aus Walzblei mittels einer Maschine hergestellt, welche in die Oberfläche Rinnen durch eine Art von Messer einschneidet bezw. einhaut, sodass vorspringende Rippen entstehen. Fig. 127 zeigt ein Stück der Platte in natürlicher Grösse. Die vorspringenden Rippen laufen schräg und besitzen dreieckigen Querschnitt.

Sie sind da, wo sie auf dem Kerne aufsitzen, etwa 1,3 *mm* stark und verjüngen sich nach aussen derartig, dass sie messerartig zulaufen. Ihre Höhe beträgt reichlich 4 *mm*; da sie jedoch nicht senkrecht zur Plattenoberfläche stehen, sondern etwas umliegen, springen sie normal zur Platte nur etwa 3,5 *mm* heraus. Die Platte ist beiderseits mit diesen scharfen Rippen versehen. Ihr massiver Bleikern ist etwa 1,7 *mm* stark. Die Dicke der ganzen Platte (Abstand der äusseren Oberflächen) beträgt 8,5 *mm*. Zur Versteifung ist sie noch von stärkeren, wagrecht laufenden Rippen durchzogen, die dadurch erhalten werden, dass die Platte an den betreffenden Stellen nicht durch die Messer eingehackt wird. Diese Rippen stehen 35 *mm* auseinander. Oben und



Fig. 127.

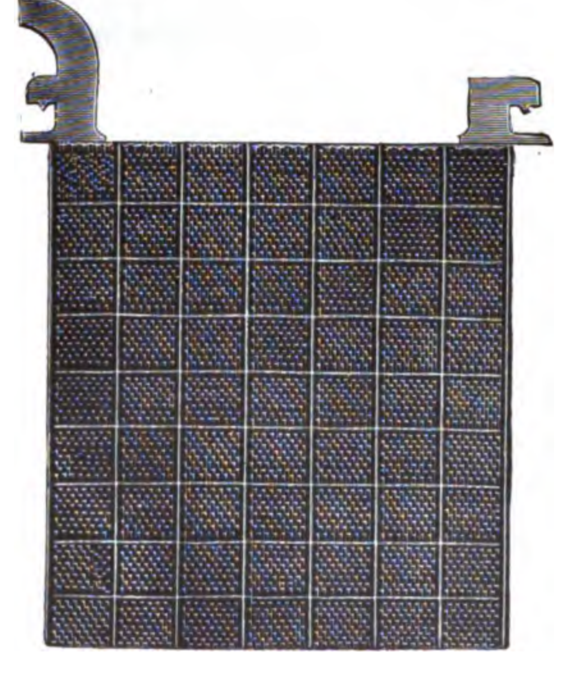


Fig. 126.



Fig. 128.

unten besitzt die Platte, von welcher Fig. 128 die Totalansicht gibt, noch einen stärkeren Rand. Die »Oberflächenentwickelung« dieser Platte beträgt etwa 6 : 1.

Die fertigen Bleiplatten erhalten dann eine Planté-Schicht nach einem besonderen Schnell-Formierverfahren, welches nach Angabe der Firma etwa eine Woche in Anspruch nimmt. Als negative werden ihnen die gewöhnlichen oben beschriebenen Pollak-Platten gegenübergestellt.

Die sämtlichen Platten der Firma kommen in drei Grössen zur Verwendung, nämlich:

Type	Höhe	Breite
A	275 *mm*	120 *mm*
B	275 »	240 »
C	380 »	240 »

Platten von noch grösserer Oberfläche, als Type C sie besitzt, werden durch Zusammensetzen von 2 oder von 4 C-Platten erhalten. Bei den Doppelplatten stehen die beiden einzelnen Platten nebeneinander und sind durch einen halbringförmigen Bügel verbunden. Die Vierfachplatten enthalten in der Mitte einen Bleistab, zu dessen beiden Seiten je zwei C-Platten über einander befestigt und mit welchem sie je an einer oberen Ecke verlötet sind. Bei diesen

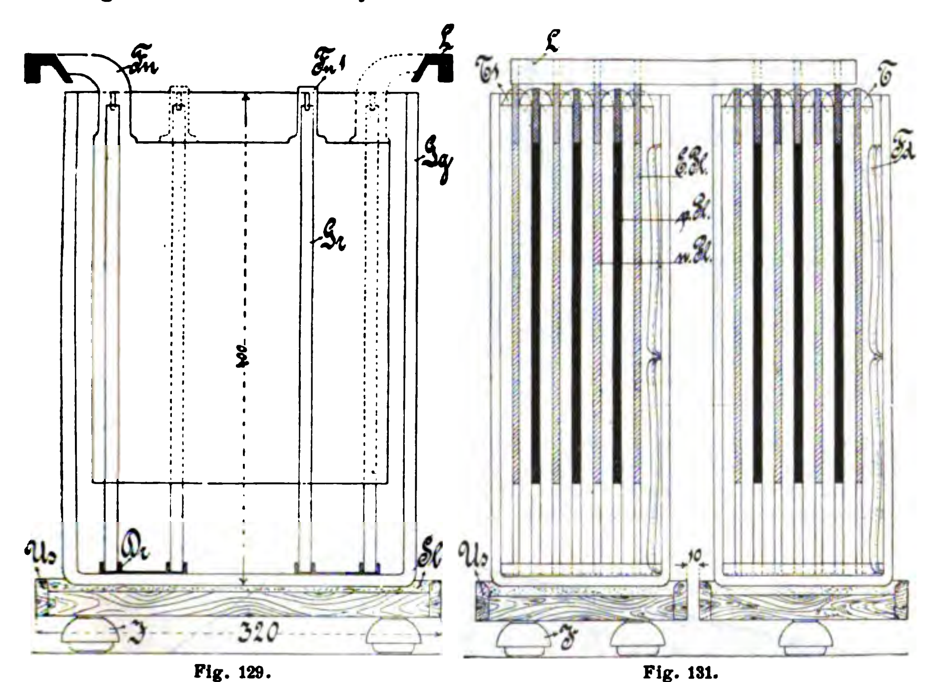


Fig. 129. Fig. 131.

zusammengesetzten Elektroden kann sich somit jede einzelne Platte für sich frei ausdehnen.

Der Einbau der Platten in die Gefässe wird durch Fig. 129 bis 135 veranschaulicht.

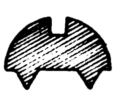


Fig. 130.

Nur bei den Elementen der vier kleinsten sowie der sechsten Type sind die Platten auf den Rändern des Glasgefässes aufgehängt. Da die Art der Montierung sich in diesem Falle von der bei anderen Akkumulatoren im gleichen Falle üblichen nicht wesentlich unterscheidet, soll nicht näher darauf eingegangen werden.

Von einer Kapazität von 108 Ampère-Stunden (bei dreistündiger Entladung) ab, mit Ausnahme der nächstgrösseren Type, hängen die in Glasgefässe eingebauten Platten auf Glasröhren. Jede der hier zur Verwendung kommenden B-Platten besitzt an der einen oberen Ecke eine grössere, rechtwinklig gebogene Fahne Fn (Fig. 129) und, in etwa 75 *mm* Abstand von der anderen Ecke, eine kürzere vertikale Fahne Fn_1. In jede der beiden Fahnen ist ein senkrechter Schlitz eingestanzt, in welchen ein Trägerstück aus Blei eingeschoben wird. Letzteres ist in natürlicher Grösse in Fig. 130 dargestellt und ferner sind solche Träger in Fig. 131 mit T und T_1 bezeichnet. Die Trägerstücke stehen quer zu den Platten und jedes ruht auf zwei zu beiden Seiten der Platte befindlichen Glasröhren. Gegen Verschieben ist es dadurch geschützt, dass seine beiden Spitzen in die oberen Öffnungen der Glasröhren etwas hineinragen.

Diese Glasröhren dienen zugleich zum Auseinanderhalten der benachbarten Platten. Da die rechtwinklig gebogenen Fahnen Fn der aufeinanderfolgenden positiven und negativen Platten nach entgegengesetzten Seiten stehen und die kürzeren Tragfahnen Fn_1 nicht an den Ecken der Platten sitzen, so ergeben sich vier Reihen von Glasröhren, wie Fig. 129 sowie die Grundrisszeichnung Fig. 132 veranschaulichen. Mit ihren unteren Enden stehen die Glasröhren in Stützrinnen Dr aus Blei auf und zwar sind dies Doppelrinnen, welche je zwei benachbarte Reihen von Röhren aufnehmen.

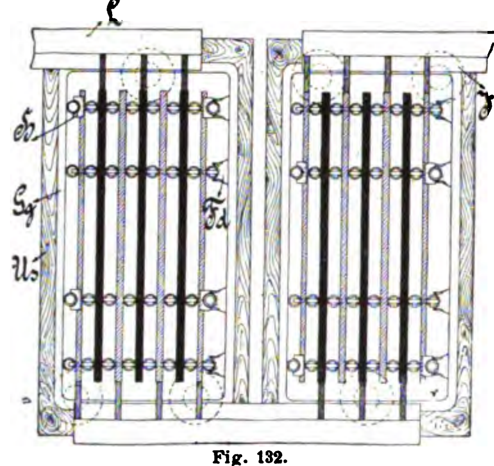


Fig. 132.

Die beiden äussersten Platten E. Pl. eines Plattensatzes sind sogen. Endplatten, d. h. negative Platten, welche nur auf der Innenseite mit aktiver Masse versehen, auf der Aussenseite dagegen glatte Bleiplatten sind. Die eine Endplatte ist nur durch Glasröhren von der Gefässwand getrennt, während zwischen die andere Endplatte und die ihr benachbarte Wand vier Federn Fd aus Hartblei eingespannt sind. Zwischen diesen und der Endplatte befinden sich Glasröhren, wie aus Fig. 130 und 132 ersichtlich.

Zur Verbindung der Platten einer Art untereinander und mit den Platten entgegengesetzter Polarität der nächsten Zelle dienen Bleileisten L, deren Profil

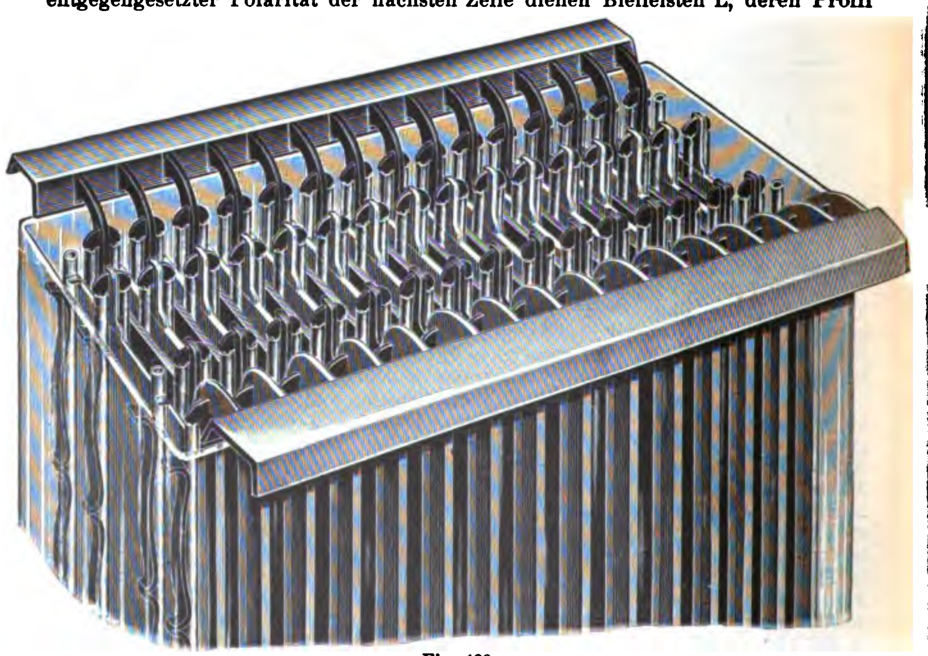


Fig. 133.

aus Fig. 129 zu erkennen ist. Sie werden mit den grösseren Fahnen Fn verlötet. Um den Boden des Glasgefässes vor einseitigem Drucke zu schützen, wird das Gefäss auf einen Holzuntersatz Us gestellt, der mit einer Schicht Sägemehl Sl gefüllt ist. Fig. 133 gibt eine perspektivische Darstellung des oberen Teiles eines grösseren Elementes mit Glasgefäss.

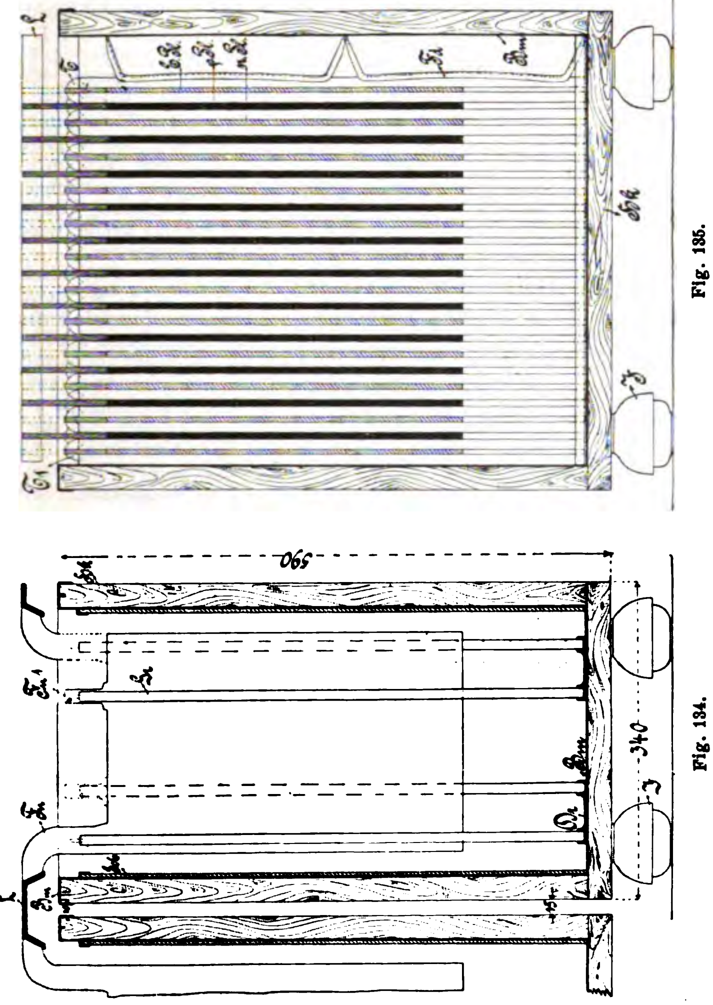


Fig. 135.

Fig. 134.

Der Einbau der Platten in bleiverkleidete Holzkästen, der durch Fig. 134, 135 und 136 erläutert wird, stimmt mit dem vorstehend beschriebenen in Glasgefässe fast völlig überein. Nur wird noch an den beiden Stirnseiten des Plattensatzes die Bleiwand des Kastens mit je einer Glasscheibe Sch (Fig. 134) belegt, die durch mit dem Bleiausschlag verlötete Bleistreifen festgehalten werden. Dies geschieht, um leitende Berührung der Platten mit der Gefässwand unmöglich zu machen. Die Ebenen der Platten benachbarter Zellen stehen alle

in derselben Richtung und die Lötverbindung der Zellen untereinander geschieht durch quer dazwischenlaufende Bleileisten L (Fig. 135), deren Profil aus Fig. 134 ersichtlich ist. Besondere Untersätze sind für die Holzkästen nicht erforderlich.

Alle erforderlichen Lötungen, auch die Befestigung der Fahnenansätze an den Platten, werden bei den Pollak'schen Akkumulatoren mit einem besonderen leichtflüssigen, aber dabei sehr festen Lötmetalle ausgeführt, das von Schwefelsäure nicht angegriffen wird. Dadurch wird die Anwendung von Wasserstoffgas entbehrlich und es genügen gewöhnliche Lötlampen oder Leuchtgas. Auch können die Lötstellen durch Anwärmen leicht wieder getrennt werden.

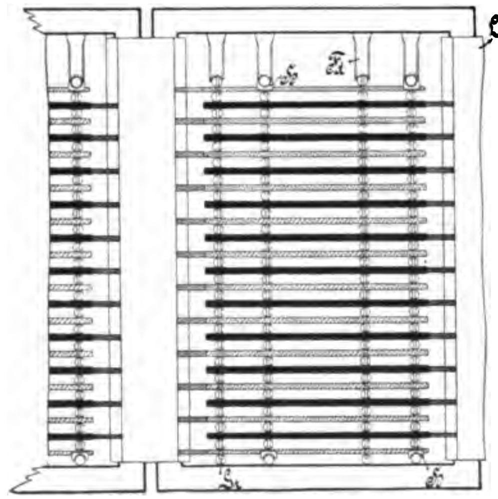


Fig. 136.

Die Stromdichte bei den Pollak'schen Akkumulatoren für mindestens dreistündige Dauer der Entladung, bezogen auf 1 *qdm* der Plattenoberfläche einer Art, beträgt bei Entladung in 3 Stunden 0,91 Ampère, bei der Ladung im Maximum ebensoviel. Für andere als dreistündige Entladungsdauer sind die Stromdichten aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen. Diese enthält auch die zugehörigen Beträge der Kapazität, wobei die Kapazität bei Entladung in 3 Stunden = 1 gesetzt ist.

Entladung in	3	5	7	10	Stunden
Stromdichte	0,91	0,61	0,47	0,37	Ampère für 1 *qdm*
Kapazität	1,00	1,12	1,21	1,34.	

Die umstehende Tabelle 29 enthält Zahlenangaben über Leistung und Dimensionen der verschiedenen Modellgrössen der Pollak-Akkumulatoren. Die Typen NS 1—18 besitzen Glasgefässe, die übrigen mit Blei ausgekleidete Holzkästen. Für NS 1—4, sowie für NS 6 kommen A-Platten (vergl. oben) zur Verwendung. NS 5, sowie NS 7—18 enthalten B-Platten, NS 19—34 C-Platten. NS 35—47 besitzen Doppelplatten, aus je 2 C-Platten zusammengesetzt, NS 48—60 Vierfachplatten, welche aus je 4 C-Platten bestehen.

Die Firma liefert ferner »Akkumulatoren für starke Entladung« (Type NR). Diese enthalten als positive die oben beschriebene Grossoberflächenplatte. Sie können mit beträchtlich höheren Stromdichten entladen und auch geladen werden, als die Typen NS. Bei der höchsten zulässigen Stromdichte (1,87 Ampère auf 1 *qdm*) ist die Dauer der Entladung auf 1 Stunde verkürzt. Die Firma gibt sogar an, dass für »stossweise Entladungen, welche nicht länger als 1/4 Minute dauern, die Stromstärke auf das Doppelte der für einstündige Entladung angegebenen gesteigert werden dürfe«. Die maximale Stromdichte bei der Ladung beträgt 1,15 Ampère für 1 *qdm*.

Damit auch die negativen Platten diese hohe Beanspruchung vertragen, ist bei ihnen, ebenso wie bei den Tudor-Platten für stärkere Entladung, die eigentliche wirksame Oberfläche, d. h. die Berührungsfläche zwischen der aktiven Masse und dem Bleikern, bei gleichen äusseren Abmessungen der Platte, möglichst vergrössert worden. Dies ist dadurch erreicht, dass die Anzahl

der vorspringenden Zäpfchen pro Flächeneinheit der Bleiplatte vermehrt, die Dicke der Zäpfchen aber vermindert wurde.

Bei diesen Platten kommen auf jedes Quadratdezimeter der gesamten Plattenoberfläche (einschliesslich der Rippen) im Mittel 790 Zäpfchen, bei den Platten für langsamere Entladung auf 1 *qdm* nur 630. Dementsprechend stehen bei der Platte für rasche Entladung die einzelnen Zäpfchen in den vertikalen Reihen nur 4,5 *mm*, in den horizontalen Reihen nur 2 *mm* auseinander. Der Querschnitt eines Zäpfchens an der Basis beträgt nur etwa 1 *qmm*. Im übrigen ist die Höhe und Anordnung der Zäpfchen, die Gestalt der Rippen, sowie die Dicke und auch die Art der Aufhängung der Platten genau die gleiche wie bei den Elementen für langsamere Entladung.

Setzt man die Kapazität, welche bei Entladung dieser Platten in 3 Stunden erzielt wird, gleich 1, so beträgt sie bei 2- und 1stündiger Entladungsdauer, wobei die Stromdichte die beigeschriebenen Werte hat:

Entladung in	3	2	1	Stunden
Stromdichte	1,87	1,12	0,87	Ampère für 1 *qdm*
Kapazität	1,00	0,86	0,72.	

Tabelle 29.

Akkumulatoren für 3—10stündige Entladung der **Akkumulatoren-Werke System Pollak** in Frankfurt a. M.

Type	Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 7 Stdn.		Entladung in 10 Stdn.		Max. Ladestrom	Aussenmasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,17
	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	A	Länge *cm*	Breite *cm*	Höhe *cm*	*kg*	*kg*
NS 1	36	12	40	8	42	6,0	48	4,8	12	11	17	40	12,5	5,5
» 2	54	18	60	12	63	9,0	73	7,3	18	15	17	40	16,5	7,0
» 3	72	24	80	16	87	12,5	97	9,7	24	18	17	40	20,5	8,5
» 4	90	30	100	20	110	16,0	120	12,0	30	22	17	40	25,5	10,5
» 5	108	36	120	24	130	18,6	145	14,5	36	15	28	40	30,0	14,0
» 6	126	42	140	28	151	21,5	170	17,0	42	29	17	40	34,0	12,5
» 7	144	48	160	32	175	25,0	195	19,5	48	18	28	40	39,5	16,0
» 8	180	60	200	40	217	31,0	240	24,0	60	22	28	40	47,5	19,0
» 9	216	72	245	49	259	37	290	29,0	72	25	28	40	55,0	22,5
» 10	252	84	285	57	308	44	340	34,0	84	29	28	40	63,5	25,5
» 11	288	96	325	65	350	50	385	38,5	96	32	28	40	71,5	29,0
» 12	324	108	365	73	392	56	435	43,5	108	36	28	40	77,5	32,0
» 13	360	120	405	81	434	62	480	48,0	120	39	28	40	85,0	35,5
» 14	396	132	445	89	476	68	530	53,0	132	43	28	40	93,5	39,0
» 15	432	144	485	97	525	75	580	58,0	144	46	28	40	101,5	42,0
» 16	468	156	530	106	567	81	630	63,0	156	50	28	40	109,0	45,5
» 17	504	168	570	114	609	87	676	67,6	168	53	28	40	117	48,5
» 18	540	180	610	122	651	93	725	72,5	180	57	28	40	125	52,0
NS 19	594	198	670	134	721	103	800	80,0	198	51	34	59	164	68
» 20	648	216	730	146	784	112	870	87,0	216	55	34	59	176	74
» 21	702	234	790	158	854	122	945	94,5	234	58	34	59	189	78
» 22	756	252	850	170	917	131	1015	101	252	62	34	59	202	83
und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:														
NS 60	5616	1872	6325	1265	6804	972	7540	754	1872	120	60	107	1339	543

Tabelle 30 enthält Zahlenangaben über Kapazitäten, Entlade- und Ladestromstärken dieser Akkumulatoren für starke Entladung. Dabei ist zu be-

merken, dass für die Typen NR die äusseren Abmessungen und Gewichte die gleichen sind wie für die gleichen Nummern der Type NS. Nur die Gewichtsmengen der Schwefelsäure sind etwas höher, da Säure vom spezif. Gewichte 1,19 zur Verwendung kommt.

Tabelle 30.

Akkumulatoren für 1—3 stündige Entladung der Akkumulatoren-Werke System Pollak in Frankfurt a. M.

Type	Entladung in 1 Stunde		Entladung in 2 Stunden		Entladung in 3 Stunden		Maximaler Ladestrom	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,19
	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom		
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A	*kg*
NR 1	25	25	30	15	33	11	15	5,6
» 2	37	37	44	22	51	17	23	7,1
» 3	49	49	58	29	69	23	30	8,7
» 4	62	62	74	37	87	29	38	10,7
» 5	74	74	88	44	102	34	45	14,3
» 6	86	86	104	52	120	40	53	12,8
» 7	99	99	108	59	138	46	60	16,3
» 8	123	123	148	74	171	57	76	19,4
» 9	148	148	176	88	207	69	90	23,0
» 10	173	173	206	103	240	80	105	26,0
» 11	197	197	236	118	273	91	120	29,6
» 12	222	222	266	133	309	103	136	32,6
» 13	246	246	296	148	342	114	151	36,2
» 14	271	271	324	162	375	125	166	39,8
» 15	296	296	354	177	411	137	181	42,8
» 16	320	320	384	192	447	149	196	46,4
» 17	345	345	414	207	480	160	211	49,5
» 18	370	370	442	221	516	172	226	53,0
NR 19	406	406	488	244	567	189	249	69
» 20	444	444	530	265	618	206	272	75
» 21	480	480	576	288	669	223	294	80
» 22	518	518	620	310	720	240	317	85
und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:								
NR 60	3846	3846	4604	2302	5358	1786	2359	554

59. Akkumulatoren der **Kölner Akkumulatoren-Werke, Gottfried Hagen,** in Kalk bei Köln. Diese Fabrik verwendet zu positiven und negativen Elektroden die gleichen Bleigitter mit eingestrichener Füllmasse. Die Konstruktion des Gitters ist in Fig. 137 in Ansicht in natürlicher Grösse, in Fig. 138 in zwei Schnitten in doppelter Naturgrösse dargestellt, deren Richtung aus Fig. 137 zu ersehen ist. Es besteht aus horizontal laufenden Streifen, welche etwa 4 *mm* voneinander abstehen, und senkrechten Rippen, deren gegenseitige Entfernung 16 *mm* beträgt. In der Mitte zwischen je zweien dieser Rippen läuft noch ein dünnes Stäbchen. Die Platten sind ca. 6 *mm* dick. Die Horizontalstreifen durchsetzen die ganze Plattendicke, sind im Mittel 1 *mm* stark und verjüngen sich nach aussen. (Vergl. Fig. 138 A A.) Die eigenartige Gestalt der Form, in welcher die Platten gegossen werden, bringt es jedoch mit sich, dass der Querschnitt der horizontalen Streifen nicht gleichmässig ist. Da dieser Umstand jedoch lediglich davon herrührt, dass die Giessform so eingerichtet werden musste, dass das fertige Gitter leicht aus ihr herausgenommen werden kann, für die Wirksamkeit der Platte aber ohne Bedeutung ist, so soll hier

nicht weiter darauf eingegangen werden. In den Schnittzeichnungen Fig. 138 ist er wenigstens angedeutet.

Von den Vertikalrippen sind die kräftigeren an den beiden Plattenoberflächen 2,0—2,5 *mm* breit. Sie gehen nicht durch die ganze Dicke der Platte hindurch, sondern jede solche Rippe besteht aus zwei Stäbchen von dreieckigem Querschnitt, die Spitze des Dreiecks nach dem Innern der Platte gerichtet. Zwischen den einander gegenüberstehenden Spitzen der beiden Dreiecke bleibt ein freier Raum von etwa 2 *mm*. Indessen fliessen beim Gusse diese Stäbchenpaare hie und da zusammen. Zwischen je zweien dieser kräftigen Rippen läuft, wie erwähnt, noch ein schwaches Stäbchen durch die Platte, dessen Querschnitt ein schrägliegendes Parallelogramm von etwa 1 *qmm* Fläche ist, wie aus Fig. 138 B B zu ersehen.

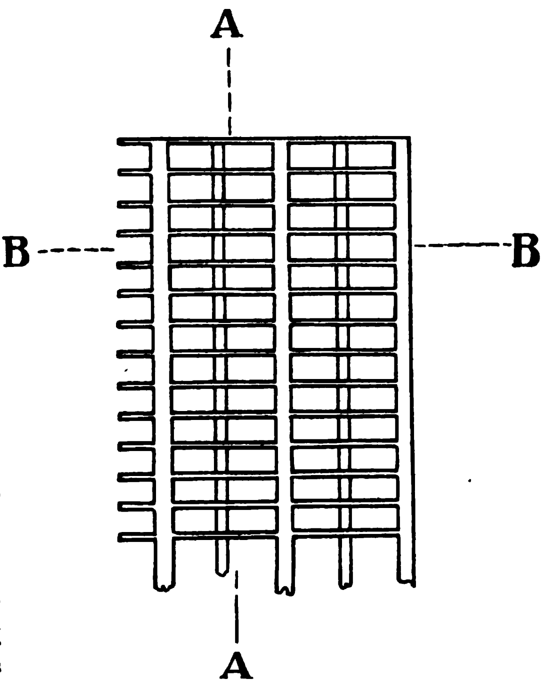


Fig. 137.

Die metallene Giessform ist zweiteilig und enthält zur Erzielung der Öffnungen des Gitters vorspringende Zapfen, welche schräg zur Plattenebene gestellt sind. In jede Gitteröffnung greifen zwei von entgegengesetzten Seiten kommende Zapfen hinein, die beim Öffnen der Form nach beiden Seiten schräg auseinander gezogen werden.

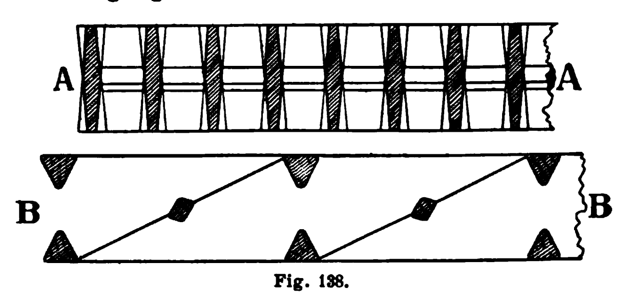


Fig. 138.

Die Platte ist von einem 4 *mm* breiten massiven Rande umgeben und trägt an den beiden oberen Ecken die zum Aufhängen sowie zur Stromleitung erforderlichen Ansatzfahnen. Die »Flächenentwicklung« (vergl. **57**) eines derartigen Gitters beträgt 2,3 : 1.

Die Hohlräume des fertigen Gitters werden mit Füllmasse ausgestopft, sodass eine ebene Platte entsteht. Dann erhalten, nach Angabe der Fabrik,

sowohl die positiven als die negativen Elektroden eine 250—300 Stunden dauernde Formierung. Sie werden alsdann in Wasser gespült, dabei mit scharfen Bürsten abgebürstet und schliesslich getrocknet. Nach dem Einbau in die Batteriegefässe am Bestimmungsort erfolgt eine erstmalige Ladung von etwa 30 Stunden, um besonders die Oxydschicht, welche sich auf den negativen Platten unter dem Einflusse der Luft inzwischen gebildet hat, wieder zu ent-

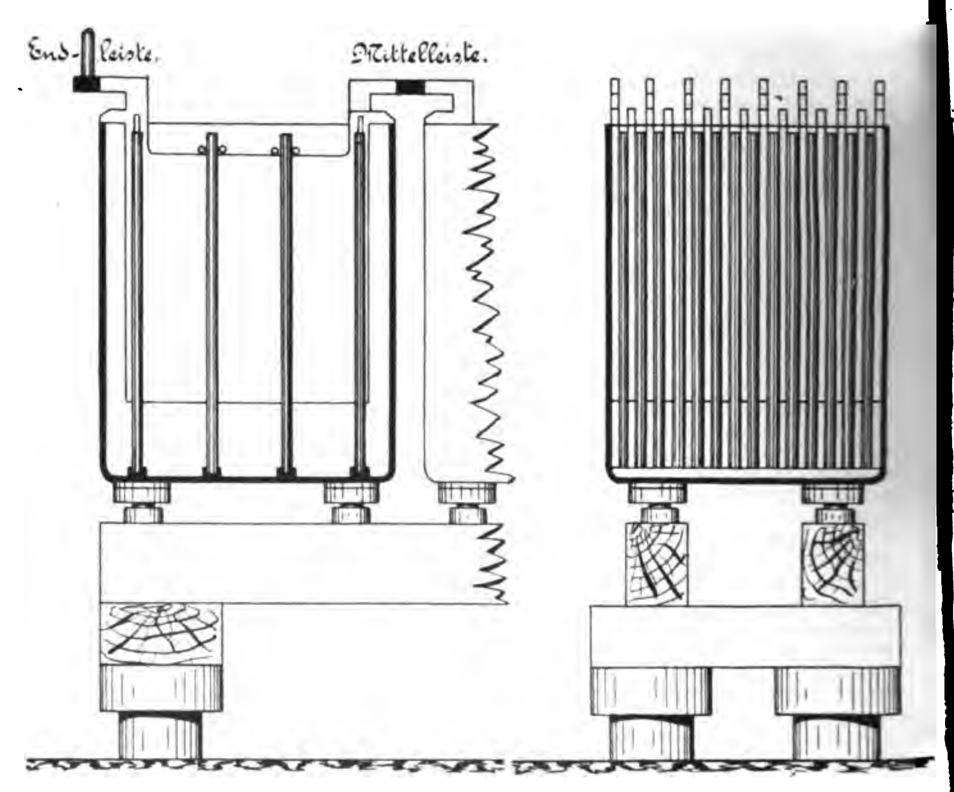


Fig. 139. Fig. 140.

fernen. Alsdann besitzen die Elemente noch nicht ganz ihre normale Kapazität, weil die Füllmasse sehr fest eingepresst ist. Sie erlangen sie jedoch schon bis zur dritten regelmässigen Entladung, indem der Strom der Masse bald eine lockere, schwammige Beschaffenheit erteilt.

Den Einbau der Platten in Glasgefässe stellt Fig. 139 in einer Ansicht auf die Stirnseite, Fig. 140 senkrecht auf die Plattenfläche gesehen dar. Die Platten hängen auf den Gefässrändern und werden in der üblichen Weise durch Glasröhren auseinander gehalten, welche auf dem Gefässboden in besonderen Stützrinnen aufstehen. Zwischen je zwei Platten befinden sich vier Glasröhren, von denen die beiden äussersten durch Bleistreifchen, welche an die oberen Ecken der Platten angelötet sind, und die man in die obere Öffnung der Röhren hineinsteckt, in ihrer Lage gehalten werden. Die beiden inneren werden durch je zwei rechts und links von ihnen vorbeilaufende, wagrecht über den ganzen Plattensatz gelegte und durch Gummiringe paarweise zusammengepresste Glasrohre in ihrer Stellung fixiert. Hartbleifedern am einen Ende des Platten-

satzes werden nicht angewendet, sondern die Platten gehen beiderseits bis an die Gefässwand. Die Bleileisten, welche die gleichartigen Platten einer Zelle unter einander und mit den ungleichartigen des nächsten Elementes verbinden, besitzen rechteckigen Querschnitt und laufen senkrecht zur Plattenrichtung (vergl. Fig. 139).

Fig. 141 und 142 veranschaulichen den Einbau bei grösseren Zellen, welche mit Blei ausgekleidete Holzkästen besitzen, in zwei Aufrissen. Die Platten

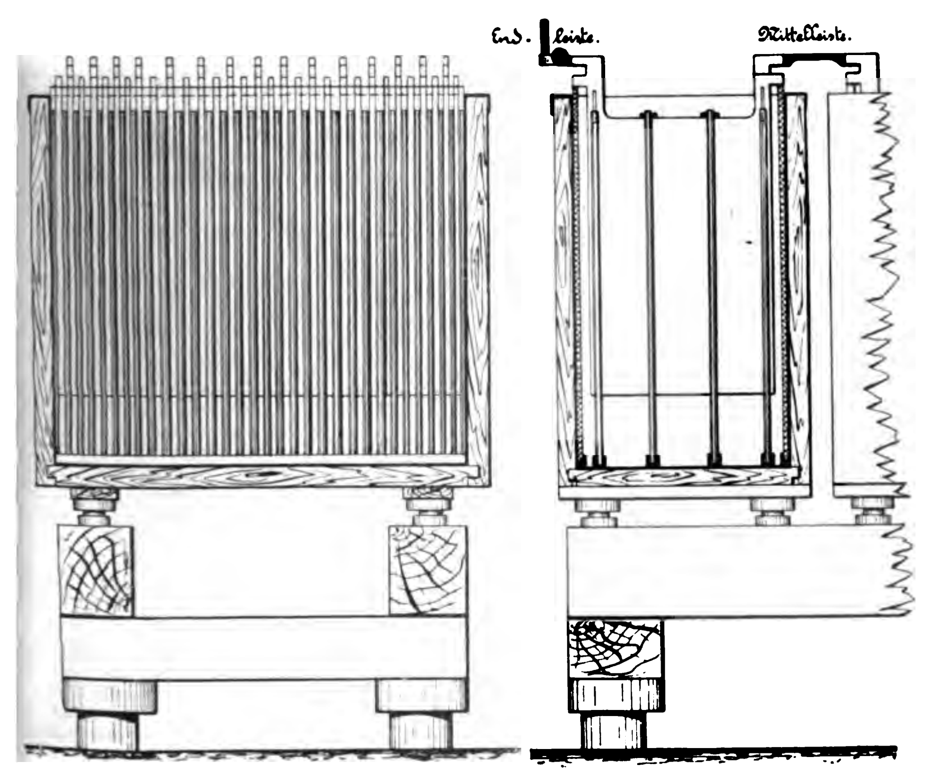


Fig. 141. Fig. 142.

hängen hier auf gläsernen Stützscheiben, die an zwei gegenüberliegenden Kastenwänden anliegen und am Boden in Stützrinnen stehen. Die Anordnung der Glasröhren ist die nämliche wie oben beschrieben. Die erste und die letzte Platte sind von den Gefässwänden durch dazwischen gesteckte Glasröhren isoliert. Die Verbindungsleisten sind flache Schienen mit zwei nach unten hervortretenden Ansätzen (siehe Fig. 142).

Die Platten werden in folgenden drei Grössen hergestellt:

Type	Höhe *mm*	Breite *mm*	Dicke *mm*
B	150	180	6
A	240	240	6
D	360	240	6

Für Zellen von sehr hoher Kapazität kommen noch grössere Platten zur Verwendung, welche aus 2 oder aber aus 4 D-Platten dadurch hergestellt werden,

dass man diese an den zusammenstossenden Rändern mit einander verschmilzt. Ihre Dimensionen sind:

Type	Höhe *mm*	Breite *mm*	Dicke *mm*
E	480	360	6
F	720	480	6

Die oben beschriebene Plattenkonstruktion soll im dauernden Betriebe mit keiner höheren Stromdichte beansprucht werden, als einer 3stündigen Dauer der Entladung entspricht. Bei Benutzung in sogen. Pufferbatterien sind jedoch Stromstärken vorübergehend zulässig, bei deren dauernder Anwendung die Entladung in einer Stunde beendet sein würde. Dementsprechend gibt die Firma in ihren Preisverzeichnissen die Beträge des Entladestromes und der Kapazität, ausser für 10-, 7-, 5- und 3stündige auch für 2- und 1stündige Dauer der Entladung an, jedoch mit der Bemerkung, dass die den beiden letzteren entsprechenden Ladestromstärken nur im Pufferbetriebe vorkommen dürfen. Auch ist im letzteren Falle ein erhöhter Ladestrom zulässig.

Tabelle 31.

Akkumulatoren der Kölner Akkumulatoren-Werke, Gottfried Hagen in Kalk bei Köln.

Type	Entladung in 1 Std.		Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 10 Stdn.		Normaler Ladestrom	Aussenmasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,17
	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	Amp.	*cm*	*cm*	*cm*	*kg*	*l*
B 2	16	16	24	8	30	6,0	38	3,8	6	10	23	23	9	2,5
» 3	25	25	36	12	45	9,0	57	5,7	9	13	23	23	12	3,5
» 4	34	34	48	16	60	12,0	76	7,6	12	16	23	23	15	4,5
» 5	43	43	60	20	75	15,0	95	9,5	15	18	23	23	18	5,5
A 3	56	56	81	27	97	19,5	120	12	20	14	29	35	24	8,5
» 4	74	74	108	36	130	26,0	160	16	27	18	29	35	30	11,0
» 5	93	93	135	45	162	32,5	200	20	34	21	29	35	36	13,0
» 6	112	112	162	54	195	39,0	240	24	40	24	29	35	42	15,5
» 7	130	130	189	63	227	45,5	280	28	47	27	29	35	48	17,5
» 8	149	149	216	72	260	52,0	320	32	54	31	29	35	54	20,0
» 9	168	168	243	81	292	58,5	360	36	60	34	29	35	60	22,0
» 10	186	186	270	90	325	65,0	400	40	67	37	29	35	66	24,5
» 11	205	205	297	99	357	71,5	440	44	74	41	29	35	72	26,5
» 12	224	224	324	108	390	78,0	480	48	80	44	29	35	78	29,0
» 13	242	242	351	117	422	84,5	520	52	87	47	29	35	84	31,0
» 14	261	261	378	126	455	91,0	560	56	94	51	29	35	90	33,5
» 15	280	280	405	135	487	97,5	600	60	100	54	29	35	96	35,5
D 5	140	140	204	68	238	47,5	300	30	50	21	29	48	55	16
» 6	168	168	243	81	285	57,0	360	36	60	24	29	48	63	19
» 7	196	196	285	95	333	66,5	420	42	70	27	29	48	71	21
» 8	224	224	324	108	380	76,0	480	48	80	31	29	48	79	24
» 9	252	252	366	122	428	85,5	540	54	90	34	29	48	87	27
» 10	280	280	405	135	475	95,0	600	60	100	37	29	48	95	30
D 11	308	308	447	149	523	104	660	66	110	45	33	51	129	33
» 12	336	336	486	162	570	114	720	72	120	48	33	51	140	36
» 13	364	364	528	176	618	123	780	78	130	52	33	51	150	39
» 14	392	392	567	189	665	133	840	84	140	55	33	51	161	42
und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:														
F 30	3360	3360	4870	1623	5830	1166	7200	720	1227	—	—	—	—	—

60. Akkumulatoren der **Akkumulatoren- und Elektricitäts-Werke, Akt.-Gesellsch.,** vormals **W. A. Boese & Co.** in Berlin. Diese Fabrik baut für stationäre Batterien Akkumulatoren mit Grossoberflächen-Platten, die nach Planté formiert sind, als positive und mit pastierten Gitterplatten als negative Elektroden.

Von der erwähnten Grossoberflächenplatte, welche in einem Stück gegossen wird, gibt Fig. 143 eine äussere Ansicht der kleinsten Type in etwa 1/4 der natürlichen Grösse. Bei der Gestaltung der Plattenkonstruktion ist neben Erzielung einer grossen wirksamen Oberfläche die Absicht massgebend gewesen, das Eindringen der Säure in das Innere der Platte und deren Zirkulation durch die Platte hindurch möglichst zu befördern. Zu diesem Zwecke besitzt letztere keinen vollen, durch ihre Mitte sich ziehenden Bleikern, sondern sie ist von einer grossen Zahl schmaler Öffnungen durchsetzt, sodass man hindurchsehen kann. Ausserdem enthält sie aber noch spaltenartige Hohlräume, die sich wagrecht in Richtung der Plattenebene durch die ganze Platte (abgesehen von den Versteifungsrippen) erstrecken und bewirken, dass eine beträchtliche Quantität Säure sich stets innerhalb der Platte befindet.

Fig. 143.



Fig. 144.

An der Oberfläche der 13 *mm* starken Platte erscheint das Blei in schmale und dünne Lamellen zerteilt. Jede solche ist 4,6 *mm* breit und etwa 0,7 *mm* stark. In horizontaler Richtung befinden sich zwischen den Lamellen Zwischenräume von etwa 0,7 *mm* Breite. Nach der vertikalen Richtung der Platte stehen die Lamellen etwa 0,4 *mm* voneinander ab. Da sie aber nach innen etwas schmäler werden, so erweitert sich der Zwischenraum nach innen bis auf etwa 1,5 *mm*. Dadurch sind die oben erwähnten Spalten erzielt, welche bei aufgehängter Platte in horizontaler Richtung durch sie durchlaufen. Um nun die Lamellen zu halten, sind sie auf schmale Stäbchen von rautenförmigem Querschnitt gewissermassen aufgereiht. Fig. 144 lässt die eben beschriebene Plattenkonstruktion erkennen. Die Abbildung stellt ein aus der Ecke einer Platte herausgeschnittenes Stück in perspektivischer Ansicht vergrössert dar und ist durch Photographie eines Holzmodelles erhalten. Die erwähnten horizontal laufenden Stäbchen sind etwa 8 *mm* hoch und bleiben daher beiderseits etwas über 2 *mm* unterhalb der Plattenfläche.

Die Gestalt der beschriebenen Teile wird durch Fig. 145 und 146 noch weiter erläutert. Diese stellen zwei senkrecht zur Plattenebene geführte Schnitte in doppelter Naturgrösse dar, von denen der erste in wagrechter, der zweite in vertikaler Richtung läuft. In Fig. 145 ist nur der Plattenrand wirklich geschnitten (schräg schraffiert), da der Schnitt im übrigen durch einen der oben erwähnten horizontalen Hohlräume läuft. Es erscheinen daher die kleinen Lamellen in Seitenansicht, die horizontale Rippe, auf der sie sitzen, in Längsansicht. Wie ersichtlich, gehen die Lamellen nicht durch die Platte hindurch, sondern nur bis zur Mitte der Plattendicke und sind nach beiden Seiten hin gegeneinander versetzt. In der zweiten Abbildung sind die horizontalen Rippen geschnitten (schräg schraffiert), während die Lamellen mit ihrer Breitseite dahinter in Ansicht erscheinen.

Zur Versteifung ist die Platte von einem 3 bis 4 *mm* starken massiven Rande umgeben und noch mit 5 senkrechten Rippen von etwa der gleichen Stärke versehen, welche in Abständen von 25 *mm* aufeinander folgen. Die an den beiden Ecken des oberen Randes sitzenden kräftigen Fahnen sind mit angegossen. Wie bei Fig. 143 zu erkennen, springen am Fussende jeder Fahne zwei nasenartige Vorsprünge heraus. Ähnliche, jedoch flache Vorsprünge befinden sich am unteren Rande der Platte. Alle zusammen haben den Zweck, zwei Glasröhren, die zum Trennen der Platte von der benachbarten dienen, in ihrer Lage zu halten.

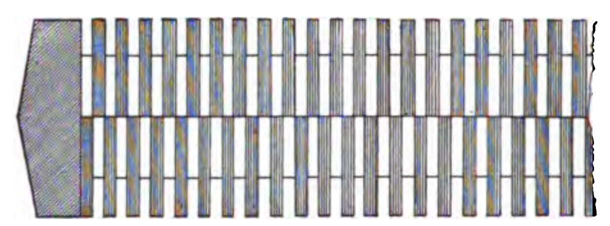


Fig. 145.

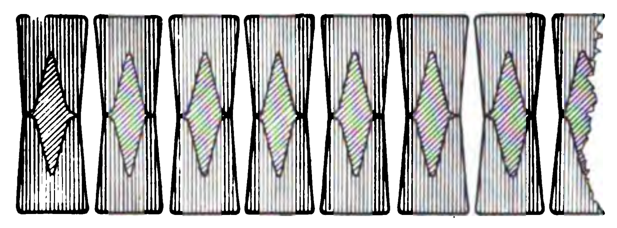


Fig. 146.

Durch die beschriebene Plattenkonstruktion wird eine »Flächenentwicklung« von fast 8 : 1 erreicht. Da jedoch noch die massiven Rippen und der Rand zu berücksichtigen sind, beträgt die durch die Zerteilung des Bleies erreichte elektrolytisch wirksame Oberfläche der fertigen Platte nur das 6,6fache der aus Höhe und Breite sich ergebenden.

Der Bleiträger der negativen Platte ist ein Gitter mit schmalen Öffnungen. Die horizontal laufenden Gitterstäbchen stehen je 4 *mm* auseinander, sind in der Mitte der Plattendicke 1 *mm* stark und verjüngen sich nach den beiden Oberflächen zu bis auf 0,2 *mm*. In vertikaler Richtung folgen sich ähnlich geformte Stäbchen in Abständen von 15 *mm*, die im Querschnitt in der Mitte der Platte 1,5 *mm* stark sind und nach beiden Oberflächen zu bis auf 0,5 *mm* abnehmen. Fig. 147 zeigt ein Stück aus einer derartigen Platte und zwar links in Ansicht, rechts in einem vertikal geführten Querschnitt, beides in doppelter natürlicher Grösse. Die Öffnungen des Gitters messen sonach an den Oberflächen der Platte 14,5 : 3,8 *mm* und verengen sich nach innen auf 13,5 : 3,0 *mm*. Ein Rand von etwa 3 *mm* Stärke umgibt die Platte, deren Dicke (Oberflächenabstand) 10 *mm* beträgt. Die Fahnen, sowie die Vorsprünge zum Festhalten der Glasröhren besitzen die nämliche Gestalt, wie bei der Fig. 143 abgebildeten positiven Platte. Die »Flächenentwickelung« (vergl. **57**) beträgt 3,0 : 1. Nachdem die Öffnungen mit Füllmasse ausgestrichen sind, wird diese durch die Formierung in poröses Blei verwandelt.

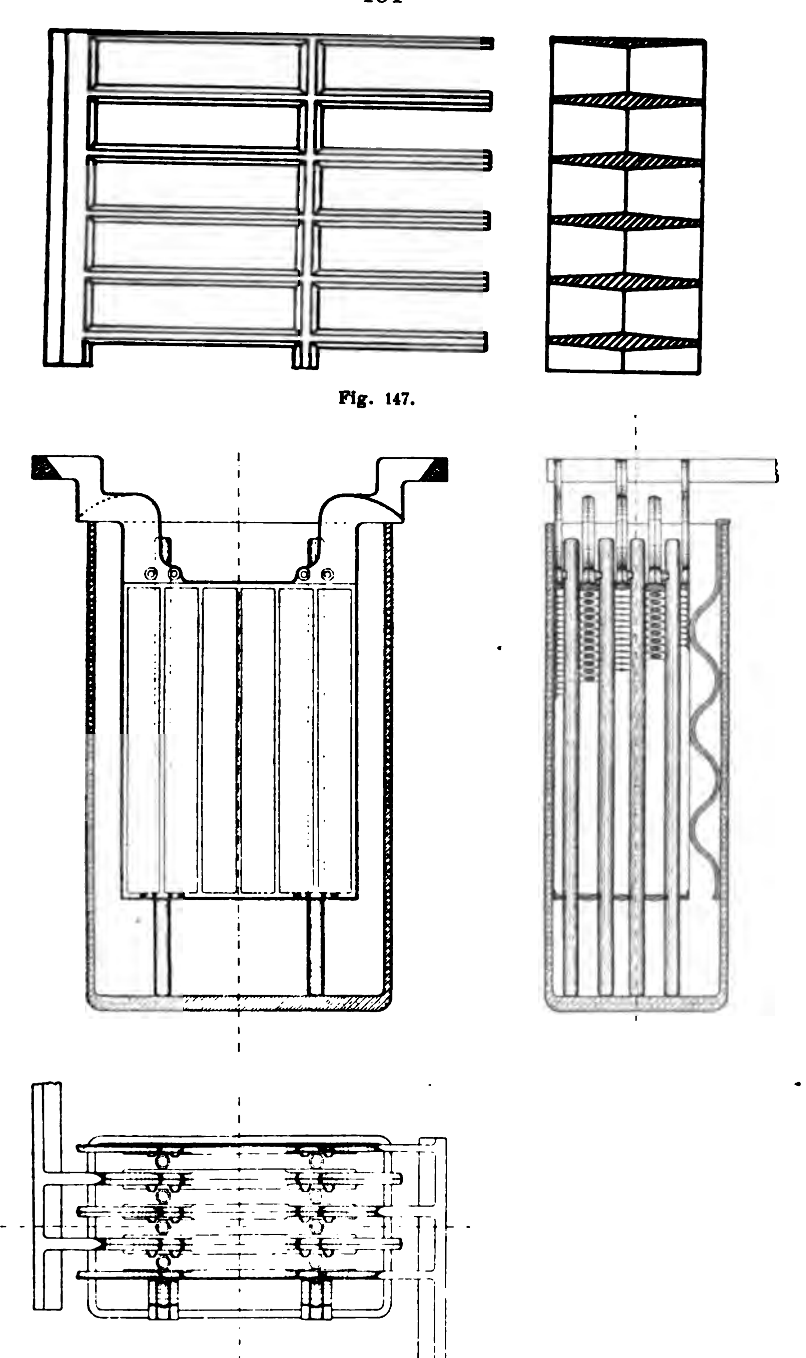


Fig. 147.

Fig. 148.

Der Einbau der Platten in Glasgefässe wird durch Fig. 148 an einer kleinen Zelle in zwei senkrechten Schnitten und einer Ansicht von oben veranschaulicht. Die auf den Rändern des Gefässes hängenden Platten werden in üblicher Weise durch 11 *mm* starke Glasröhren, welche an den erwähnten Vorsprüngen der Platten Führung haben, auseinander gehalten. Die Röhren stehen unmittelbar auf dem Gefässboden auf. Die erste negative Platte (Endplatte) des Plattensatzes legt sich dicht an eine Seitenwand der Zelle, während man zwischen die andere Endplatte und die dieser benachbarte Gefässwand Federn aus Hartblei einschiebt. Das Profil der die Platten gleicher Art verbindenden Bleileisten ist aus der Abbildung ersichtlich. Bis zu einer Kapazität von 441 Ampère-Stunden (bei 3stündiger Entladung) können die Zellen mit Glasgefässen geliefert werden, von 330 Ampère-Stunden ab jedoch auch schon in bleiverkleideten Holzkästen.

Die beschriebenen Platten werden für stationäre Batterien aller Art, auch in solchen für starke Entladung bis zur Zeitdauer von 1 Stunde herab benutzt. Die bei verschiedener Dauer der Entladung angewendeten Stromdichten (bezogen auf die aus Höhe und Breite sich ergebende äussere Plattenfläche), sowie die zugehörigen Werte der Kapazität — diejenige bei 3stündiger Entladung = 1 gesetzt — sind hier zusammengestellt.

Entladung in . . .	1	2	3	5	7	10	Stunden
Stromdichte	2,70	1,67	1,36	0,92	0,70	0,55	Amp. f. 1 *qdm*
Kapazität	0,67	0,81	1,00	1,12	1,20	1,33	

Für die normale Ladung beträgt die Stromdichte 1,36 Amp./*qdm*. Bei Batterien für starke Entladung darf sie bis 1,67 gesteigert werden.

Die Platten werden in folgenden 4 Grössen angefertigt:

Type	Höhe	Breite
I S	200 *mm*	150 *mm*
II S	300 »	200 »
III S	400 »	250 »
VI S'	615 »	325 »

Für Zellen von besonders grosser Kapazität werden je 2 VI S-Platten zu einer einzigen (Type XII S) zusammengelötet. In der folgenden Tabelle **32** bezeichnet die arabische Ziffer rechts neben der Plattentype die Anzahl der positiven Platten im Element.

Type I S 1 bis II S 9 haben Glasgefässe, die übrigen Holzkästen mit Bleiausschlag. (Tabelle 32 siehe Seite 153.)

Die Firma baut ferner transportable Akkumulatoren mit sogen. **Masseplatten.**

Diese Platten unterscheiden sich von denen aller vorher beschriebenen Akkumulatoren dadurch, dass sie ganz aus aktivem Material bestehen. Sie sind nur am Rande von einem Rahmen aus Hartblei umgeben, der die Stromleitung vermittelt. Sie zeichnen sich durch ein hohes Aufspeicherungsvermögen aus, welches dasjenige der Platten mit durchgehendem Bleigerüst, auf gleiches Plattengewicht bezogen, um das Mehrfache übertrifft. Bei langsamer Entladung bis zu einer Klemmenspannung von 1,80 Volt soll die Kapazität der Boese'schen Platten für das positive Elektrodenkilo 62 Ampère-Stunden betragen. Dieser Umstand macht die »Masseplatten« besonders geeignet zu Akkumulatoren für transportable Beleuchtungsanlagen, z. B. für Eisenbahnwagen-Beleuchtung.

Naturgemäss können sie nur in mässigen Dimensionen ausgeführt werden, wenn sie nicht brechen sollen. Auch wird das aktive Material um so besser ausgenutzt, mit je geringerer Stromdichte man entlädt und lädt, weil die Füllmasse nur ein mässiges Leitungsvermögen besitzt. Infolgedessen eignen sich diese Platten am besten für langsame Entladungen (in 10 und mehr Stunden, vergl. hierüber **53** und **56**). Damit steht im Einklange, dass Akkumulatoren mit Masseplatten eine erheblich grössere Strommenge ergeben, wenn die Entladung nicht in einem Zuge durchgeführt, sondern durch Pausen unterbrochen wird, weil auf diese Art ein grösserer Teil der aktiven Masse an der chemischen Umwandlung teilnimmt. Nach Angabe der Fabrik ist z. B. die Ausbeute um 50 % grösser, wenn man im Verlaufe der Entladung eine Unterbrechung von 24 Stunden eintreten lässt.

Tabelle 32.

Akkumulatoren für 1—10stündige Entladung der Akkumulatoren- und Elektricitäts-Werke, vormals W. A. Boese & Co. in Berlin etc.

Type	Entladung in 1 Stdn.		Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 10 Stdn.		Max. Ladestrom	Aussenmasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,18
	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A	*cm*	*cm*	*cm*	*kg*	*l*
I S 1	16	16	24	8	27	5,4	32	3,2	8	8	20	32	9	4
» 2	32	32	48	16	54	10,8	64	6,4	16	12	20	32	15	7
» 3	49	49	72	24	81	16,2	96	9,6	24	17	20	32	20	9
» 4	65	65	96	32	108	21,6	128	12,8	32	22	20	32	26	11
» 5	82	82	120	40	135	27,0	160	16,0	40	26	20	32	31	13
II S 3	100	100	147	49	165	33	200	20	49	18	25	45	37	14
» 4	134	134	196	65	220	44	260	26	65	23	25	45	47	18
» 5	168	168	246	82	275	55	330	33	82	25	27	45	58	22
» 6	201	201	294	98	330	66	390	39	98	25	32	45	68	26
» 7	234	234	342	114	385	77	460	46	114	25	36	45	78	30
» 8	269	269	393	131	440	88	530	53	131	25	41	45	88	34
» 9	302	302	441	147	495	99	590	59	147	25	46	45	98	38
III S 4	226	226	330	110	370	74	440	44	110	37	30	60	95	32
» 5	281	281	411	137	460	92	550	55	137	37	35	60	113	39
» 6	339	339	495	165	555	111	660	66	165	37	41	60	132	45
» 7	394	394	576	192	650	130	770	77	192	37	46	60	151	52
» 8	452	452	660	220	745	149	890	89	220	37	51	60	170	58
» 9	507	507	741	247	835	167	990	99	247	37	56	60	189	65
» 10	565	565	825	275	930	186	1110	111	275	37	61	60	208	71
und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:														
XII S 23	5199	5199	7590	2530	8545	1709	10190	1019	2530	101	135	91	1768	664

Anmerkung. Die Typen III S 4 bis 8 werden auch mit Glasgefässen geliefert. In Betrieben, wo die Zellen regelmässig in kürzerer Zeit als 3 Stunden entladen werden, kann die Ladestromstärke um ca. 20 % höher gesteigert werden, als vorstehend angegeben.

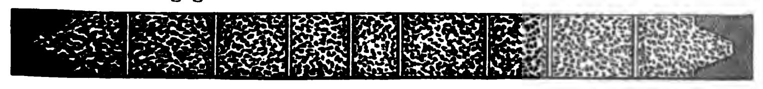


Fig. 150.

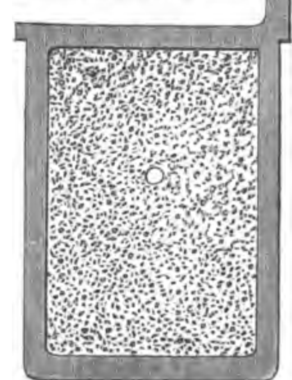


Fig. 149.

Die normale Grösse der Masseplatten der Firma ist 140:100 *mm*. Die Fläche, welche hiervon nur durch das aktive Material eingenommen wird, hat etwa 122:83, bei anderen Typen etwa 110:90 *mm*. Fig. 149 gibt die Ansicht einer derartigen Platte in $^1/_8$ der natürlichen Grösse. Die Dicke der positiven Platten ist 6 bis 8 *mm*. Der Metallrand besitzt U-förmiges Profil, sodass er das aktive Material fest umschliesst. Fig. 150 veranschaulicht den Durchschnitt einer Platte in natürlicher Grösse. Grössere Platten werden durch Neben- und Übereinandersetzen mehrerer kleinen hergestellt, wobei die Bleirahmen dieser einzelnen kleineren Platten zusammen in einem Stücke gegossen sind. Die eigentlichen Masseplatten sind demnach nie grösser, als oben angegeben, weil

andernfalls die mittleren Teile der Masse zu weit vom Rande entfernt wären, um noch genügend ausgenutzt zu werden.

Die aktive Masse ist an zahlreichen Stellen durchstochen, sodass Löcher von knapp 1 *mm* Durchmesser entstehen, von denen ungefähr auf jedes Quadratzentimeter zwei kommen. Diese Löcher haben den Zweck, den Zutritt der Säure zu allen Teilen der Füllmasse zu erleichtern. Ferner besitzt die Masseschicht in der Mitte ein grösseres Loch (von etwa 7 *mm* Durchmesser), um die Zirkulation der Säure zwischen den einzelnen Platten zu befördern. Zu gleichem Zwecke befinden sich bei grösseren Platten, die aus mehreren kleineren zusammengesetzt sind, zwischen den Rahmen der letzteren offene, längliche Zwischenräume von etwa 6 *mm* Breite.

Das aktive Material wird aus Bleioxyden hergestellt und erhält durch Behandlung mit gewissen organischen Substanzen[1]) Härte und Widerstandsfähigkeit.

Der Metallrahmen der kleinen Platten besitzt an den beiden oberen Ecken seitlich zwei kurze Vorsprünge zum Aufhängen und an der einen Ecke eine längere, senkrecht stehende Fahne zum Verlöten mit einer Bleileiste. Die grösseren Platten mit mehreren einzelnen Massekuchen haben zwei grössere gebogene Fahnenansätze mit seitlichen Vorsprüngen zum Aufhängen.

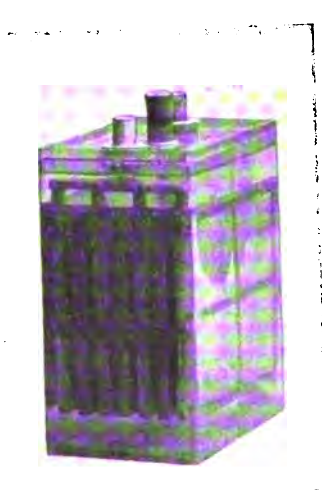
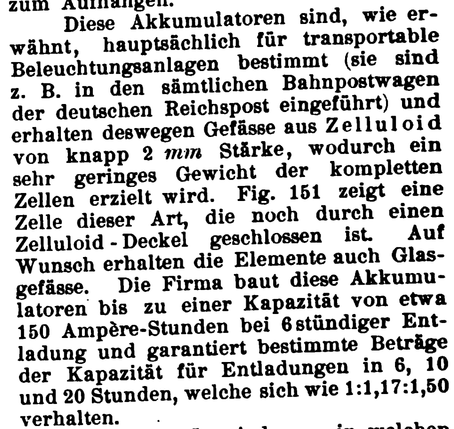


Fig. 151.



Diese Akkumulatoren sind, wie erwähnt, hauptsächlich für transportable Beleuchtungsanlagen bestimmt (sie sind z. B. in den sämtlichen Bahnpostwagen der deutschen Reichspost eingeführt) und erhalten deswegen Gefässe aus Zelluloid von knapp 2 *mm* Stärke, wodurch ein sehr geringes Gewicht der kompletten Zellen erzielt wird. Fig. 151 zeigt eine Zelle dieser Art, die noch durch einen Zelluloid-Deckel geschlossen ist. Auf Wunsch erhalten die Elemente auch Glasgefässe. Die Firma baut diese Akkumulatoren bis zu einer Kapazität von etwa 150 Ampère-Stunden bei 6stündiger Entladung und garantiert bestimmte Beträge der Kapazität für Entladungen in 6, 10 und 20 Stunden, welche sich wie 1:1,17:1,50 verhalten.

Da die Zellen mit Masseplatten sich für stationäre Anlagen, in welchen die Batterien nicht gerade sehr schwach beansprucht werden, weniger eignen, so soll hier nicht weiter auf dieselben eingegangen werden.

61. Akkumulatoren der **Akkumulatoren-Werke E. Schulz** in Witten a. d. Ruhr. Für stationäre Batterien verwendet diese Firma als positive Elektroden gewöhnlich Rippenplatten, deren Zwischenräume mit Mennige ausgestrichen werden, worauf die Formierung erfolgt. Die negativen sind pastierte Gitterplatten.

Die positiven Platten sind 11,0 bis 11,5 *mm* stark. Sie besitzen einen durchlaufenden Bleikern von 1,3 *mm* Dicke, auf welchem beiderseits die 1 *mm* starken und in nahezu 2 *mm* Abstand aufeinander folgenden Rippen aufsitzen. Diese Rippen sind 5 *mm* hoch und auf den beiden Seiten der Platten gegen einander versetzt, sodass jede Rippe der einen Plattenseite auf einen Zwischenraum der entgegengesetzten Seite trifft. Fig. 152 zeigt einen horizontal laufenden

---

[1]) Vergl. hierüber: Fr. Vogel, Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauwesen, Bd. 32, Heft 11.

Querschnitt der Platte auf's Doppelte vergrössert. Die »Flächenentwickelung« dieser Plattenkonstruktion beträgt 6,5 : 1. Bei der fertigen Platte laufen die Rippen nahezu vertikal. Ein etwa 3 *mm* breiter Rand dient zur Versteifung. Da wo an den beiden oberen Ecken die mit angegossenen Fahnen aufsitzen, sind die Vertiefungen fortgelassen, sodass die Platte hier massiv ist.

Das aus Blei in einem Stücke gegossene Trägergerüst der negativen Platten ist ein Doppelgitter, das aus zwei gegen einander versetzten und in den Kreuzungspunkten der Stäbe zusammenhängenden Gittern besteht. Jedes davon hat die halbe Dicke der Platte, nämlich 4 *mm*. Es besteht aus senkrecht laufenden Rippen, von denen die kräftigeren in 23 *mm* Abstand aufeinander folgen. Abwechselnd mit diesen laufen in der Mitte dazwischen schwächere Stäbchen. Beide besitzen dreieckigen Querschnitt, die Spitze des Dreiecks nach

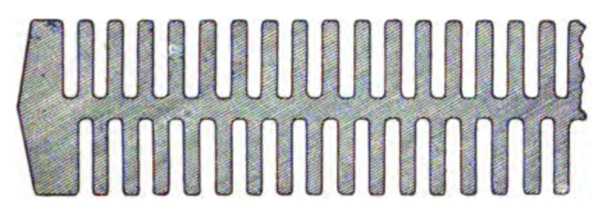


Fig. 152.

aussen gerichtet. Die Dreiecksbasis misst bei den kräftigeren 2 *mm*, bei den schwächeren knapp 1,5 *mm*, die Höhe 4 bezw. 1 *mm*. Diese senkrechten Stäbe sind bei den beiden zusammenhängenden Gittern noch gegen einander versetzt, sodass ein Stab des einen Gitters mitten in einen Zwischenraum des Gitters der anderen Plattenseite trifft. Die Querstäbe jedes Gitters laufen nun nicht senkrecht zu den vorgenannten, sondern schräg, um etwa 25° gegen die rechtwinklige Richtung gedreht. Sie sind ferner nicht auf der einen Seite der Platte denen der anderen Seite parallel, sondern schneiden sie in Winkeln von etwa 50°. Diese schrägen Stäbe folgen sich in Abständen von 4 *mm* (in Richtung der vertikalen Stäbe gemessen). Ihre Dicke beträgt im Innern der Platte 1 *mm* und nimmt nach aussen bis auf etwa 0,4 *mm* ab.

Um ein Herausfallen der Füllmasse aus den etwa 24 : 4 *mm* im Lichten messenden Gitteröffnungen möglichst zu verhüten, werden die schräg laufenden, in 5 *mm* Abstand aufeinander folgenden Gitterstäbe an den beiden Plattenoberflächen allenthalben etwas verbogen. Dies geschieht so, dass man zwischen je zwei vertikalen Stäben die dazwischen liegenden, je etwa 24 *mm* langen Stücke der schräg laufenden Stäbchen an zwei bis drei Stellen etwas drückt. Dadurch entstehen an jeder Gitteröffnung einige vorspringende Nasen, welche die Füllmasse zurückhalten, falls sie sich etwa gelockert hat. Fig. 153 gibt eine Ansicht des noch nicht pastierten Bleigitters einer negativen Platte in doppelter natürlicher Grösse, Fig. 154 zeigt ein Stück des Gitters in perspektivischer Darstellung.

Als Füllmasse für die negativen dient Bleiglätte, der zur Erhöhung der Porosität ein geeignetes, elektrolytisch indifferentes Material zugesetzt wird. Durch die erste, lange dauernde Ladung wird die Glätte zu Schwammblei reduziert. Die äussere Gestalt der negativen Elektroden stimmt mit der der positiven überein, nur dass an den oberen und unteren Rand der ersteren einige vorspringende Ansätze mit angegossen werden, welche zum Halten der die Platten trennenden Glasröhren dienen.

Die positiven besitzen im neuen Zustande den reinen Faure'schen Typus. Im dauernden Betriebe fällt dann aber die Füllmasse, zu deren Festhalten ja keine besonderen Vorkehrungen getroffen sind, aus den senkrecht laufenden Rillen nach und nach heraus. Die Kapazität nimmt jedoch nicht ab, da die Bleirippen sich immer mehr nach Planté formieren, sodass die Elektroden, wenn die künstlich eingetragene Füllmasse allmählich abgefallen ist, als reine Planté-Platten weiter arbeiten. Derartige Platten sind schon vor etwa 15 Jahren

von Tudor hergestellt und dann von der Akkumulatorenfabrik in Hagen längere Zeit gebaut worden.

In neuester Zeit stellt die Firma E. Schulz auch sogen. Oberflächenplatten mit reiner Planté-Formierung her. Diese dienen für Batterien, welche stark beansprucht werden, z. B. Pufferbatterien. Die Konstruktion dieser

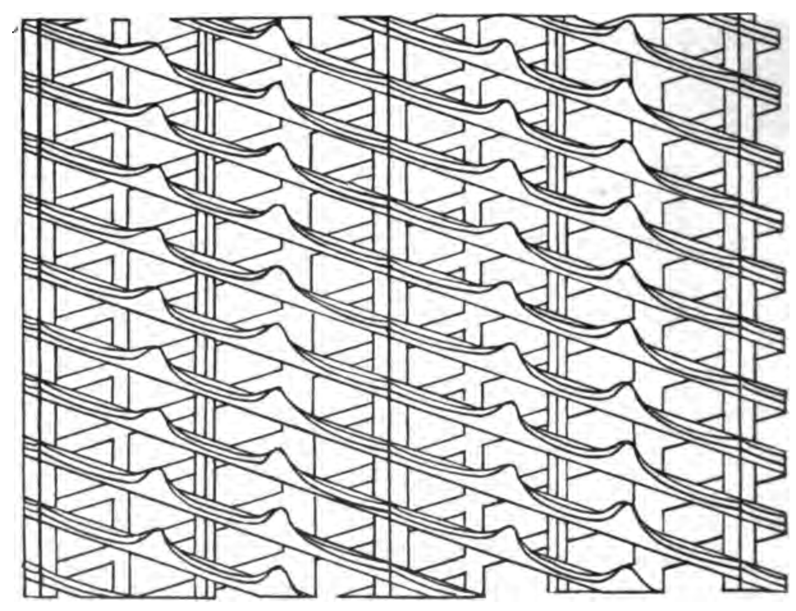


Fig. 153.

Platten ist der der oben beschriebenen pastierten positiven sehr ähnlich. Sie besitzen ebenfalls vertikale Rippen, die jedoch etwas kräftiger (ca. 1,2 *mm*) sind und etwas näher zusammenstehen (Abstand von Mitte zu Mitte zweier benachbarter Rippen 1,75 *mm*). Dadurch werden die dazwischenliegenden Rillen etwas enger. Die Rippen sind wiederum auf beiden Plattenseiten gegen einander versetzt, laufen auch auf den beiden Seiten nicht ganz parallel. Ferner fehlt der Kern in der Mitte der Platte, sodass man durch diese an manchen Stellen hindurchsehen kann. Dadurch ist das Gewicht der Platte bei gleicher Leistung gegen die oben beschriebene verringert. Um sie endlich trotz des weggelassenen Kernes genügend steif zu machen, ist sie senkrecht zu den erwähnten Rippen von Querstäbchen durchzogen, welche 16 *mm* voneinander abstehen, in der Mitte der Platte etwa 3,5 *mm* stark sind und sich nach beiden Oberflächen zu auf 0,2 *mm* verjüngen.

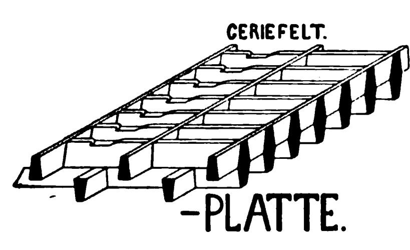


Fig. 154.

Die Planté-Formierung der Platten wird, wie auch bei anderen Fabriken, nach einem sogen. Schnell-Formierprozess (vergl. **48**) ausgeführt. Doch wendet die Firma ein neues, von den bisher üblichen abweichendes Verfahren an, das von Beckmann herrührt. Bei diesem werden als Elektrolyt nicht Substanzen

wie Salpetersäure, Chlorate oder dergl. angewendet. Diese greifen das als positive Elektrode dienende Blei kräftig an und ermöglichen so die schnelle Bildung einer starken Schicht von Superoxyd, sollen aber aus deren Poren nur sehr schwer vollständig zu entfernen sein und, wenn auch nur noch in Spuren vorhanden, viel zur frühen Zerstörung der Platten im Betriebe beitragen. Der zum Formieren dienende Elektrolyt ist vielmehr eine wässrige Lösung von schwefliger Säure oder eines solchen Salzes, das beim Zusatze einer stärkeren Säure (z. B. Schwefelsäure) schweflige Säure entwickelt, wie Natriumhyposulfit. In einer derartigen, viel freie schweflige Säure enthaltenden Lösung soll der Strom das als Anode benutzte Blei ebenfalls in reichlicher Menge in Superoxyd überführen und die Formierung ist, nach Angabe der Firma, in etwa 24 Stunden beendet. Während derselben geht die

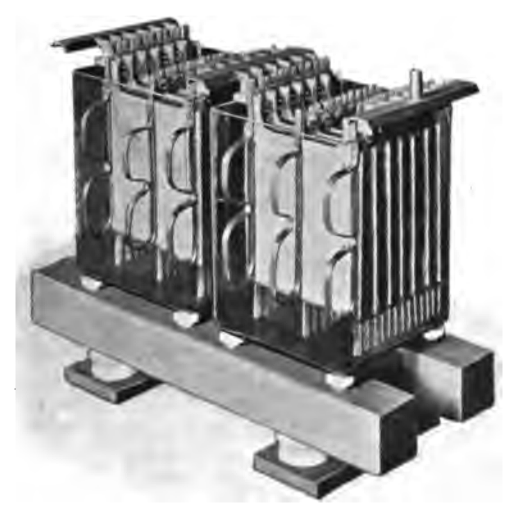


Fig. 155.

schweflige Säure zum grossen Teil in Schwefelsäure über. Wenn von der ersteren oder von einem schwefligsauren Salze noch etwas in der Plantéschicht zurückbleiben sollte, so ist dies ohne Gefahr für den Bestand der Platte, da teils durch Wirkung des Sauerstoffes der Luft, teils durch die spätere des Betriebsstromes lediglich Oxydation zu Schwefelsäure sowie Bildung von Bleisulfat erfolgen kann.

Die Platten werden in folgenden vier Grössen hergestellt:

Type	Höhe *mm*	Breite *mm*
A	200	175
B	265	250
C	370	320
D	460	390

Beim Einbau in die Gefässe werden die Platten in der üblichen Weise aufgehängt und durch Glasröhren im richtigen Abstande von einander gehalten. Die Glasröhren stehen jedoch nicht auf dem Boden auf, sondern besitzen am oberen Ende einen etwa 18 *mm* breiten Flansch, welcher auf den oberen Rändern der Platten aufliegt, sodass sie hängen. Zwischen den Plattensatz und die eine Gefässwand werden Hartbleifedern isoliert eingeschoben. Fig. 155 gibt die Ansicht einer kleinen Zelle mit Glasgefäss.

Die Fabrik benutzt die nämlichen Platten für schwach, mässig und stark beanspruchte stationäre Batterien. Sie garantiert bestimmte Beträge der Kapazität bei 3-, 5-, 7- und 10 stündiger, sowie bei 2- und 1 stündiger Dauer der Entladung. Die zugehörigen Stromdichten, bezogen auf die aus Höhe und Breite sich ergebende Plattenfläche, sowie die bei denselben zu erzielenden Kapazitäten, wenn diejenige bei 3 stündiger Entladung = 1 gesetzt wird, sind hier zusammengestellt.

Entladung in . .	1	2	3	5	7	10	Stunden
Stromdichte . .	2,40	1,43	1,20	0,80	0,62	0,47	Amp./*qdm*
Kapazität . . .	0,67	0,82	1,00	1,12	1,22	1,33	

Für die Ladung ist die normale Stromdichte 1 Ampère für 1 *qdm*; bei Batterien für starke Entladung kann sie um etwa ein Drittel gesteigert werden.

Die folgende Tabelle enthält Zahlenangaben über die einzelnen Modellgrössen. No. 1 bis 12 besitzen Glasgefässe, No. 13 bis 45 Holzkästen aus Pitchpine mit Bleiauskleidung.

Tabelle 33.

Akkumulatoren der Akkumulatoren-Werke E. Schulz
in Witten a. d. Ruhr.

Nummer	Entladung in 1 Stde.		Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 5 Stdn.		Entladung in 10 Stdn.		Normaler Ladestrom	Aussenmasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,2
	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom	Kapazität	Entladestrom		Länge	Breite	Höhe		
	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A-Std.	A	A	*cm*	*cm*	*cm*	*kg*	*l*
1	17	17	25	8,5	27	5,5	33	3,3	7	9	23	35	12	5
2	33	33	50	17,0	55	11,0	65	6,5	13	12	23	35	18	7
3	50	50	75	25	80	16	100	10,0	20	17	23	35	25	9
4	67	67	100	33	110	22	133	13,0	27	23	23	35	32	11
5	84	84	125	42	140	28	165	16,5	35	25	23	35	38	13
6	120	120	170	56	200	40	240	24,0	50	21	30	40	50	17
7	150	150	216	72	250	50	300	30	60	25	30	40	60	20
8	180	180	260	86	300	60	360	36	70	30	30	40	75	24
9	210	210	300	100	350	70	420	42	80	30	34	40	90	28
10	240	240	345	115	400	80	480	48	90	30	38	40	100	32
11	270	270	390	130	450	90	540	54	100	30	40	40	110	35
12	285	285	420	140	475	95	560	56	120	38	26	50	120	42
13	285	285	420	140	475	95	560	56	120	44	32	63	140	50
14	340	340	510	170	575	115	680	68	140	44	36	63	160	55
15	400	400	600	200	675	135	800	80	160	44	41	63	190	60
16	480	480	720	240	800	160	950	95	200	44	50	63	215	70
und so fort, stufenweise zunehmend. Die grösste normale Type ist:														
45	2700	2700	4050	1350	4625	925	5400	540	1140	52	147	76	1220	360

62. Der »**Chlorid-Akkumulator**« der »**Electric Storage Battery Co.**« in Philadelphia, für Europa fabriziert durch »**The Chloride Electr. Storage Syndicate Ltd.**« in Manchester, ist ein gewöhnlicher Bleiakkumulator mit Bleisuperoxyd und Schwammblei als aktiven Substanzen. Der Name Chlorid-Akkumulator rührt daher, dass die wirksame Masse der negativen Platten aus einem Gemisch von Bleichlorid und Zinkchlorid hergestellt wird. Diese Mischung wird geschmolzen und daraus sechseckige Pastillen von etwa

25 *mm* Durchmesser bei 6 bis 7 *mm* Dicke gegossen. Die Pastillen, von denen jede 2 runde, 3 *mm* weite Löcher besitzt, werden in geringen Abständen von einander in eine Form gelegt und mit Hartblei (Blei mit Zusatz von etwas Antimon) umgossen, sodass eine Platte entsteht. Die fertige, mit Ansatzfahnen versehene Platte stellt sonach ein Gitter dar, in dessen weite Öffnungen die Chloridpastillen eingesetzt sind.

Die so herogestellten Platten werden nun in der Weise einem Reduktionsprozess unterworfen, dass man eine Anzahl davon, abwechselnd mit Zinkplatten, in eine verdünnte Lösung von Zinkchlorid einsetzt, die Platten gleicher Art untereinander verbindet und das hierdurch gebildete Element kurzschliesst. Das Bleichlorid wird zu metallischem Blei reduziert, während Zinkchlorid in Lösung geht. Wenn die Platten nach Beendigung dieses Prozesses noch gehörig ausgewässert worden sind, bestehen die Pastilien nur noch aus einem sehr porösen Schwammblei, dessen hohe Porosität dem Auslaugen des vorher beigemengt gewesenen Zinkchlorides wesentlich mit zu danken ist. Das Aussehen einer fertigen negativen Platte ist aus Fig. 157, die eiue Zelle mit Glasgefäss darstellt, deutlich zu erkennen.

Früher wurden die beschriebenen Platten auch zu **positiven** Elektroden verwen-

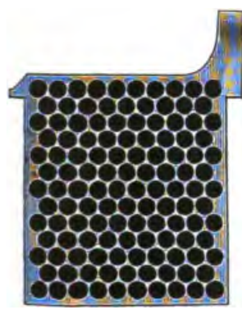


Fig. 156.



Fig. 157.

det, zu welchem 'Zwecke man den Bleischwamm durch einfache Formierung in Superoxyd verwandelte. Bei der neueren Type des Akkumulators geschieht dies nicht mehr. Man benutzt vielmehr perforierte Platten aus Hartblei, in deren ca. 25 *mm* weite, runde Öffnungen kleine flache Spiralen aus Bleiband durch hydraulischen Druck sehr fest eingepresst werden. Diese Spiralen werden hergestellt aus Bleidraht, den man tordiert, dann zu einem etwa 7 *mm* breiten, ca. 0,4 *mm* starken quer geriefelten Bande presst und dann spiralig aufwickelt. Durch den starken Druck, mit welchem die Bandspiralen in die Öffnungen der Platte eingezwängt werden, soll ein genügend inniger und dauernd bleibender Kontakt zwischen beiden Teilen erzielt werden. Die so hergestellten »Grossoberflächenplatten« erhalten durch Schnellformierung eine Superoxydschicht von genügender Stärke. Fig. 156 zeigt eine fertige positive Platte.

Der Chlorid-Akkumulator soll nach Angabe der Fabrik, starke Beanspruchung ohne Schaden vertragen. Er kann erforderlichen Falles in nur $2^1/_2$ Stunden geladen werden, während die Entladezeit bis auf 1 Stunde verkürzt werden darf.

Die Zellen werden bis zu einer Kapazität von 572 Ampère-Stunden (bei 3stündiger Entladung) mit Glasgefässen (Fig. 157), darüber hinaus, jedoch auch schon von 440 Ampère-Stunden ab, mit Kästen aus Hartblei ausgeführt. Auf Wunsch werden sie auch, und zwar von 132 bis 704 Ampère-Stunden (bei Entladung in 3 Stunden) in verbleiten Holzkästen geliefert. Die Platten hängen stets auf gläsernen Stützscheiben.

Die folgende Tabelle 34 enthält Zahlenangaben über die verschiedenen Modellgrössen. Die darin aufgeführten Beträge der Kapazität gelten unter der Voraussetzung, dass die Entladung in 9 Stunden bis zu einer Endspannung von 1,85 Volt geführt wird und dass bei Entladung in 6, 3 und 1 Stunde die bezüglichen Endspannungen 1,80, 1,75 und 1,65 Volt betragen.

Das spezif. Gewicht der Säure soll 1,215 oder 25,5° Baumé (Säuregehalt 29,2%) betragen. Die Typen RG besitzen Glasgefässe, die Typen RL Hartbleikästen.

Tabelle 34.

Chlorid-Akkumulatoren der Electric Storage Battery Co.

in Philadelphia und Manchester.

Type	Entladung in 1 Stde.		Entladung in 3 Stdn.		Entladung in 6 Stdn.		Entladung in 9 Stdn.		Ladestrom in Amp.		Aussenmasse der Gefässe			Gewicht ohne Säure	Schwefelsäure, spez. Gew. 1,21
	Kapazität A-Std	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	Kapazität A-Std.	Entladestrom A	normal	maximal	Länge cm	Breite cm	Höhe cm	kg	kg
RG 1	30	30	44	15	54	9	60	6,7	8	15	10	32	36	12,5	10,5
» 2	60	60	88	29	108	18	120	13	16	30	14	32	36	20,5	13,5
» 3	90	90	132	44	162	27	180	20	24	45	14	32	36	31,5	13,5
» 4	120	120	176	59	216	36	240	27	32	60	18	32	36	40,5	17,0
» 5	150	150	220	73	270	45	300	33	40	75	22	32	36	49,5	20,5
» 6	180	180	264	88	324	54	360	40	48	90	25	32	36	58,0	24,0
» 7	210	210	308	103	378	63	420	47	56	100	29	32	36	67,5	27,5
» 8	240	240	352	117	432	72	480	53	64	120	33	32	36	76,0	31,0
» 9	270	270	396	132	486	81	540	60	72	130	37	32	36	83	34,5
» 10	300	300	440	147	540	90	600	67	80	150	41	32	36	91	38,0
» 11	330	330	484	161	594	99	660	73	88	160	44	32	36	99	41,5
» 12	360	360	528	176	648	108	720	80	96	175	48	32	36	107	45,0
» 13	390	390	572	191	702	117	780	87	104	190	52	32	36	119	45,0
RL 10	300	300	440	147	540	90	600	67	80	150	46	38	36	114	41
» 11	330	330	484	161	594	99	660	73	88	160	49	38	36	124	44
» 12	360	360	528	176	648	108	720	80	96	175	52	38	36	135	48
» 13	390	390	572	191	702	117	780	87	104	190	56	38	36	145	51
» 14	420	420	616	205	756	126	840	93	112	205	58	38	36	156	54
» 15	450	450	660	220	810	135	900	100	120	220	62	38	36	166	57
» 16	480	480	704	235	864	144	960	107	128	235	66	38	36	177	60
» 17	510	510	748	249	918	153	1020	113	136	250	70	38	36	187	64
» 18	540	540	792	264	972	162	1080	120	144	265	38	74	36	198	67
» 19	570	570	836	279	1026	171	1140	127	152	280	38	76	36	208	70
» 20	600	600	880	293	1080	188	1200	133	160	295	38	79	36	218	73

68. Verhalten der Akkumulatoren bei längerer Nichtbenutzung. Bisher ist angenommen, dass die Entladung möglichst bald, spätestens innerhalb 24 Stunden, auf die Ladung folge. Lässt man geladene Akkumulatoren länger stehen, so geht, infolge gewisser chemischer Prozesse, die zwischen der aktiven Substanz der Platten und der Säure sich abspielen, ein Teil der Ladung verloren, der mit der Zeit immer grösser wird. Wird z. B. eine Woche nach beendigter Ladung erst entladen, so kann dieser Verlust bis 10% der Ampère-Stunden erreichen, welche man erhält, wenn die Entladung innerhalb 24 Stunden nach dem Laden stattfindet. Auch wird die mittlere Klemmenspannung um so mehr vermindert, je länger die Pause zwischen Ladung und Entladung dauert. Es sind verschiedene Mittel vorgeschlagen worden, um den Ladungsverlust bei längerem Stehen zu verhüten, oder doch zu vermindern. Die Brauchbarkeit derselben ist jedoch nicht genügend erprobt, um sie hier empfehlen zu können.

Ein mehrtägiges Stehen in vollgeladenem Zustande schadet im übrigen den Akkumulatoren nicht. Dagegen muss, wenn die Elemente normal entladen sind, möglichst sofort eine neue Ladung vorgenommen werden. Stehen die Zellen ungeladen, so findet an der Oberfläche der Platten reichliche Bildung von festem »inaktivem« Bleisulfat statt, wobei die positiven Platten eine hellere, die negativen eine dunklere Färbung erhalten. Dadurch wird die Kapazität des Akkumulators beträchtlich vermindert, da beim Laden dieses Sulfat keineswegs wieder völlig in Superoxyd bezw. schwammiges Blei verwandelt wird, sondern zum grossen Teile unzersetzt bleibt. Wenn dann beim weiteren Betriebe immer nur bis zur normalen Grenze geladen wird, so sind sehr viele Ladungen und Entladungen erforderlich, um das Element wieder auf seine normale Kapazität zu bringen. Deswegen ist längeres Stehen der Akkumulatoren in entladenem Zustande unbedingt zu vermeiden. Aber auch im teilweise entladenen Zustande beginnen die Platten, wenn sie länger stehen, den erwähnten Übelstand schon zu zeigen. Man wird eine Batterie also jedesmal, bevor sie voraussichtlich länger nicht gebraucht werden wird, vollladen und sogar, wenn die Pause mehrere Wochen dauern sollte, etwa alle 14 Tage bis zur normalen Grenze aufladen.

Es sei noch bemerkt, dass selbst bei Batterien, welche dauernd benutzt und fast täglich geladen werden, eine allmähliche Abnahme der Kapazität infolge der Bildung festen Bleisulfates stattfinden kann. Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Erscheinung mit der Konzentration der angewendeten Schwefelsäure in Zusammenhang steht, da sie bei höherer Säuredichte stärker, bei schwächerer Säure

in geringerem Masse auftritt. Aus diesem Grunde würde es sich empfehlen, entgegen der derzeitigen Gepflogenheit, mit einer mässig konzentrierten Säure (spez. Gewicht, in normal entladenem Zustande gemessen, 1,114 oder 15° Baumé) zu arbeiten.

64. Überladen und Über-Entladen. Eine Batterie, bei welcher infolge nicht sachgemässer Behandlung sich soviel weisses Bleisulfat gebildet hat, dass die Kapazität dauernd vermindert ist, kann indessen innerhalb kurzer Zeit wieder auf normale Beschaffenheit gebracht werden. Man hat nur nötig, sie zu überladen, d. h. eine Ladung weit über die normale Grenze hinaus fortzusetzen. Dadurch wird das an den Platten haftende Bleisulfat wieder in Superoxyd bezw. metallisches Blei verwandelt. Es geschieht infolge der energischen Einwirkung, welche die sich reichlich entwickelnden Gase, Sauerstoff und Wasserstoff, im Entstehungszustande auf das Sulfat ausüben. In den meisten Fällen dürfte es genügen, wenn die Zeitdauer des Überladens, von der Grenze der normalen Ladung an gerechnet, etwa ebenso gross ist, als die einer normalen Ladung. Falls dies noch nicht hinreichen sollte, so ist es zweckmässiger, zu warten, bis der hohe Säuregehalt in der aktiven Masse durch Diffusion abgenommen hat, hierauf kurze Zeit weiter zu laden, wiederum zu pausieren und dieses Verfahren mehrmals zu wiederholen (Liebenow).

Eine Über-Entladung, d. h. eine Entladung bis über den Beginn des raschen Abfalles der Klemmenspannung hinaus, kann nur infolge von Unachtsamkeit vorkommen, da sich im normalen Betriebe das Überschreiten der Grenze sehr bald am Dunklerbrennen der Lampen bemerklich macht. Die Elektricitätsmenge, die man noch erhält, nachdem die Spannung um etwa 8% vom Anfangswerte abgefallen ist, ist praktisch nicht von Bedeutung, weil die Spannung immer schneller weiter sinkt. Ausserdem ist eine zu weit getriebene Entladung von schädlichem Einflusse auf die Platten. Sollte eine solche dennoch, etwa infolge eines Zufalles, vorgekommen sein, so tut man gut, die nächste Ladung etwas weiter als gewöhnlich fortzusetzen.

Überanstrengung. Es kommt im praktischen Betriebe vor, dass eine Akkumulatorenbatterie mit einer höheren als der normal zulässigen Maximalstromstärke entladen wird. Der Zufall, Unachtsamkeit, Störungen, oder auch besondere Umstände, wie das Schadhaftwerden einer Maschine, können die Ursache davon sein. Solide konstruierten Platten tut eine derartige Überanstrengung, wenn sie nur selten vorkommt, keinen wesentlichen Schaden.

65. Lebensdauer. Über die Lebensdauer der Akkumulatoren, d. h. die Zeit, während welcher die Platten in gebrauchs-

fähigem Zustande bleiben (vergl. **48**), lassen sich allgemein giltige Angaben nicht gut machen, da sie durch eine ganze Anzahl verschiedener Umstände beeinflusst wird, welche nicht bei jeder Batterie in gleicher Weise zur Wirkung kommen. Was die Erfahrung bis jetzt ergeben hat, ist etwa folgendes: Platten mit starkem Bleikern halten länger, als solche mit dünnem. Aus diesem Grunde haben manche Fabriken das Bleigerippe ihrer Platten mit der Zeit verstärkt. Ferner: Die Füllmasse muss, wenigstens bei allen Platten, welche keine Planté-Formierung besitzen, möglichst am Abfallen gehindert werden. Wir finden bei manchen Konstruktionen, dass die Öffnungen des Bleikernes, welche die Masse enthalten, von innen nach aussen enger werden, oder mit durchlöcherten Deckeln verschlossen sind, dass das active Material sich zwischen zwei Bleigittern oder in taschenartigen Höhlungen befindet u. dergl. Andere halten es für zweckmässiger, das Abfallen der Masse dadurch zu verhindern, dass die letztere nicht grössere zusammenhängende Stücke bildet, sondern nur dünne Schichten, dass aber die Berührungsfläche derselben mit dem Bleikern, durch geeignete Gestaltung der Oberfläche des letzteren, soviel als möglich vergrössert wird. Es hat sich weiter als vorteilhaft erwiesen, die Platten, insbesondere die positiven, aufzuhängen, statt mit ihrer Unterkante aufzustellen, zunächst zur Vermeidung von inneren Kurzschlüssen, dann aber auch, um das sogenannte Werfen der positiven Platten zu verhindern. Dadurch, dass das Blei der letzteren in Superoxyd übergeht, vergrössert sich ihr Volumen etwas, was bei feststehenden Platten, welche an freier Bewegung vielfach gehindert sind, leicht ein Verziehen und Krümmen zur Folge hat. Hängende Platten können sich dagegen freier ausdehnen.

Mit den grössten Einfluss auf die Lebensdauer einer Batterie hat die Behandlung, die ihr im Betriebe zu teil wird. Häufiges Entladen mit zu hohem Strome, zu starkes Überladen, seltenes Laden, häufige nur teilweise Ladung, Stehenlassen im entladenen Zustande, Unterlassen des Auffüllens der Säure und nachlässige Behandlung überhaupt können auch vorzüglich gebaute Akkumulatoren vorzeitig verderben. Sachverständige Behandlung vorausgesetzt, hält sich eine Batterie um so länger, je weniger stark sie im täglichen Betriebe beansprucht wird.

Die Dauer der negativen Platten scheint nach den bisherigen Erfahrungen bei guter Behandlung eine fast unbegrenzte zu sein. Doch quillt die Füllmasse beim Laden mit hoher Stromdichte und besonders bei häufigem Überladen heraus und Flocken davon fallen ab. Ferner vermindert sich allmählich die Porosität des Schwammbleies (es »schrumpft«), wodurch die Kapazität sinkt. Die positiven

halten, auch bei ganz normalem Betriebe, nur eine Reihe von Jahren, so lange nämlich, bis der Bleikern zum grössten Teile in aktive Masse übergegangen ist und die Platte so die mechanische Festigkeit und auch das erforderliche elektrische Leitungsvermögen verliert. Ausserdem werden die äussersten Schichten des Bleisuperoxydes immer wieder abgespült, um so mehr, je höher die Stromdichte. Man kann als untere Grenze für die Dauer positiver Platten von guter Konstruktion, mit genügend starkem Bleikern, z. Z. etwa 3 Jahre annehmen, gute Behandlung der Batterie vorausgesetzt. Es kommt dabei ausserordentlich viel auf die durchschnittliche Beanspruchung der Batterie an. Die Lebensdauer der negativen Platten ist weit grösser, doch nimmt die Kapazität der activen Schicht aus Schwammblei, wie erwähnt, allmählich ab. Im allgemeinen pflegen Reparaturen schon in den ersten Betriebsjahren notwendig zu werden.

Die meisten Fabriken von Akkumulatoren leisten bei Aufstellung einer Batterie eine mehrjährige (2—3jährige) Garantie für deren Haltbarkeit. Auf Wunsch wird auch öfter ein Vertrag (Versicherung) abgeschlossen, nach welchem die Fabrik gegen eine jährliche Gebühr (6—8% des Preises der Elemente) zeitweilige Revisionen der Batterie ausführen lässt, alle nötig werdenden Reparaturen auf ihre Kosten vornimmt und nach Ablauf eines vereinbarten Zeitraumes, z. B. nach 10 Jahren, die Batterie in ebenso betriebsfähigem Zustande übergibt, wie sie zu Anfang gewesen ist. Es ist zu empfehlen, zur Sicherheit und Bequemlichkeit ein derartiges Abkommen mit dem Lieferanten zu treffen.

66. Dynamomaschinen zum Laden von Akkumulatoren. Zum Laden von Akkumulatoren sollen, wenn möglich, ausschliesslich Nebenschlussmaschinen verwendet werden. Da die EMK der ladenden Maschine höher sein muss, als diejenige der zu ladenden Batterie, so muss die erstere, bevor sie mit der Batterie verbunden wird, schon ihre volle EMK besitzen. Bei der Nebenschlussmaschine erreicht man dies einfach so, dass man sie leer anlaufen lässt, bis die normale Tourenzahl und Spannung erreicht ist. Eine direkt gewickelte (Serien-) Maschine dagegen müsste auf einen besonderen Hülfswiderstand anlaufen und der letztere beim Umschalten der Maschine auf die Batterie einen Augenblick zur Batterie parallel geschaltet sein, bevor er weggenommen werden könnte. Die Nebenschlussmaschine bietet jedoch noch einen weiteren Vorteil. Wenn während der Ladung, durch irgend einen Zufall, die Geschwindigkeit des die Dynamomaschine treibenden Motors vorübergehend so weit abnimmt, dass die EMK der Dynamomaschine etwas kleiner wird, als die entgegengesetzt gerichtete der Batterie, so »schlägt der Strom

um«, d. h. es geht Strom aus den Akkumulatoren durch die Maschine. Die Stärke desselben ist bedingt, nach dem Ohm'schen Gesetz, durch die Differenz der beiden EMK und die in dem Stromkreis vorhandenen Widerstände. Ist nun die ladende Maschine eine Serienmaschine, so wechselt die Stromrichtung auch in der Magnetbewickelung (Fig. 158, die ausgezogenen Pfeile bezeichnen die richtige, die gestrichelten Pfeile die verkehrte, nach dem »Umschlagen« vorhandene Stromrichtung). Dadurch werden die Magnete umpolarisiert, und die im Anker der Maschine erzeugte EMK wechselt ihre Richtung, sodass nun Maschine und Batterie nicht mehr gegen einander, sondern hinter einander geschaltet sind. Die beiden EMK addieren sich, und der Strom erreicht eine unzulässige

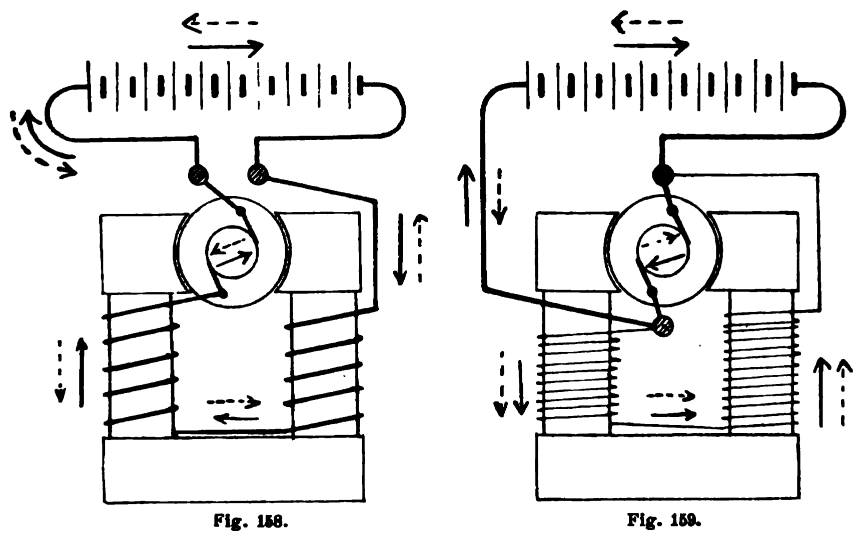


Fig. 158. Fig. 159.

Höhe, sodass die Drahtwickelung der Maschine sich zu sehr erhitzt und ihre Isolierung verbrennen kann. Die Batterie entlädt sich dabei und kann ebenfalls Schaden nehmen. Dieser Zustand bleibt so lange, bis der Strom unterbrochen wird. Die Maschine ist dauernd umpolarisiert, und man muss bei einer neuen Ladung sie im entgegengesetzten Sinne, wie zuvor, mit der Batterie verbinden.

Tritt der beschriebene Unfall bei einer Nebenschlussmaschine ein, so findet zwar ebenfalls ein »Umschlagen« des Stromes statt, allein die Maschine wird nicht umpolarisiert, da die Stromrichtung zwar im Anker sich ändert, in der Magnetwickelung jedoch die gleiche bleibt. Die Pfeile in Fig. 159, welche dieselbe Bedeutung wie bei Fig. 158 haben, deuten dies an. Sobald die Betriebs-

maschine ihre normale Tourenzahl wieder erlangt hat, überwiegt wieder die EMK der Dynamomaschine, und die Ladung geht regelmässig weiter. Benutzt man eine Maschine mit gemischter Wickelung der Feldmagnete (Kompoundmaschine) zum Laden, so behält beim Eintreten der genannten Verhältnisse der Strom in der Nebenschlusswickelung seine Richtung; in den direkten Windungen schlägt er dagegen um, und es können bei Wiedererhöhung der Umlaufszahl des Motors nur in dem Falle die früheren normalen Verhältnisse eintreten, wenn nur wenig direkte Windungen vorhanden sind, sodass die magnetisierende Kraft des Nebenschlusses ganz bedeutend überwiegt. Man wird deshalb, wenn eine schon vorhandene Kompoundmaschine zum Laden dienen soll, am besten tun, wenn man die direkten Windungen ausschaltet, die Maschine also als reine Nebenschlussmaschine benutzt. Da jedoch in diesem Falle der Magnetismus bei vollem Strome kleiner ist, als bei Einschaltung der direkten Wickelung, so gibt die Maschine weniger Spannung, und es wird darauf ankommen, ob die letztere für die Batterie ausreicht. Soll die Maschine noch für andere Zwecke, z. B. zur Beleuchtung, gleichzeitig Strom liefern, so müssen die direkten Windungen eingeschaltet bleiben. Man kann jedoch dann den Ladestrom direkt von den Bürsten abnehmen und erhält so die Stärke desselben konstanter, als beim Anlegen der Batterie an die Hauptklemmen der Maschine. Wird dagegen eine Dynamomaschine für Akkumulatorenbetrieb neu angeschafft, so wählt man, nach dem im vorstehenden Ausgeführten, stets eine Nebenschlussmaschine. Die Klemmenspannung, welche diese bei voller Belastung geben soll, muss mindestens so hoch sein, als die Spannung der zu ladenden Batterie bei längerer Überladung steigt. Man findet dieselbe, wenn man auf jede der zu ladenden Zellen etwa 2,7 Volt rechnet. Vermindern lässt sich die Maschinenspannung jederzeit durch Einschalten künstlicher Widerstände in den Stromkreis der Nebenschlusswickelung. Es wird deswegen zu jeder Nebenschlussmaschine ein mittels Kurbel beliebig zu regulierender Rheostat beigegeben.

67. Regulierung des Stromes bei Ladung und Entladung. Da im Verlaufe der Ladung die EMK der Akkumulatoren, welche der der ladenden Dynamomaschine entgegengesetzt gerichtet ist, ansteigt, so muss, wenn die Maschine gleichmässig weiterläuft, die Stärke des Ladestromes allmählich abnehmen. Man will jedoch häufig mit konstanter Stromstärke laden. Um dies zu erreichen, kann man die Tourenzahl der Maschine erhöhen, oder, wie es gewöhnlich geschieht, den in den Nebenschluss derselben eingeschalteten Ballastwiderstand verringern. Durch beide Mittel wird die EMK der Dynamomaschine vergrössert. Manchmal empfiehlt sich auch die

Anwendung eines regulierbaren Vorschaltwiderstandes, der in den Ladestrom vor die Batterie geschaltet wird. Der eingeschaltete Betrag desselben wird im Laufe der Ladung allmählich verringert und dadurch der Strom konstant erhalten, während die Maschine mit gleichmässiger Umdrehungszahl weiterläuft. In diesem künstlichen Widerstande geht allerdings eine gewisse Menge elektrischer Arbeit verloren. Wenn eine Kompoundmaschine zum Laden dienen soll, so ist diese Art der Stromregulierung neben der mittels des Nebenschlusswiderstandes anzuwenden; beim Laden mit einer Serienmaschine wäre ein Regulieren überhaupt nur mittels Vorschaltwiderstandes möglich, wenn man nicht ein häufiges Umschlagen des Stromes gewärtigen wollte. Wenn nämlich eine Serien-Dynamomaschine nur den Ladestrom für eine Akkumulatorenbatterie liefert, so haben schon ganz kleine Schwankungen in der Geschwindigkeit der Betriebsmaschine, wie sie stets vorkommen, erhebliche Änderungen der Stromstärke zur Folge, da die letztere proportional der Differenz zwischen der Klemmenspannung der Maschine und der der Batterie steigt und fällt, diese Differenz aber nur klein bezw. null ist. Bei Vorschaltung eines Widerstandes vor die Batterie ist die genannte Differenz grösser, die Schwankungen der Stromstärke werden also vermindert, sodass der Vorschaltwiderstand einen beruhigenden Einfluss hat. Liefert jedoch eine Kompound- oder Serienmaschine nicht nur den Ladestrom, sondern ist gleichzeitig durch Stromabgabe für Beleuchtungs- oder andere Zwecke erheblich belastet, so wirkt diese Belastung beruhigend, da durch sie die Maschinenspannung ziemlich konstant erhalten wird. Man hat dann nur die letztere im Laufe der Ladung entsprechend zu erhöhen.

Auch bei der Entladung einer Akkumulatorenbatterie muss auf die statthabende Änderung der Klemmenspannung Rücksicht genommen werden. Die von der Batterie gespeisten Lampen verlangen konstante Spannung; es ist also Vorsorge zu treffen, dass dieselben zu Anfang der Entladung nicht die volle Spannung der Batterie erhalten. Die Zahl der Elemente ist vielmehr so zu bemessen, dass die am Ende der normalen Entladung vorhandene Klemmenspannung gerade noch (abgesehen von dem Spannungsverluste in den Leitungen) gleich der Spannung ist, mit welcher die Lampen brennen sollen. Die Herabminderung der Batteriespannung zu Anfang der Entladung auf den vorgenannten Betrag kann auf zweierlei Art geschehen. Man schaltet entweder zwischen die Batterie und die Verbrauchsleitung einen regulierbaren künstlichen Widerstand, durch welchen in jedem Augenblicke der Entladung gerade der überschüssige Teil der Spannung verbraucht wird, sodass der eingeschaltete Betrag desselben allmählich vermindert werden muss; oder

aber man entnimmt zu Anfang den Strom nicht der ganzen Batterie, sondern lässt soviele Zellen weg, dass die von den übrigen gelieferte Spannung gerade den für die Lampen erforderlichen Betrag hat. In dem Masse, wie im Laufe der Entladung die Spannung sinkt, wird von den Reservezellen eine nach der anderen hinzugeschaltet, bis gegen Ende sämtliche Elemente eingeschaltet sind. Diese Art der Regulierung mittels Zellenschaltung ist die z. Z. am häufigsten angewendete. Bei derselben findet ein Verlust an elektrischer Arbeit, wie er durch Anwendung eines künstlichen Widerstandes bedingt ist, bei der Entladung nicht statt. Auch bei der Ladung können solche Verluste wegfallen, oder doch auf einen sehr kleinen Betrag beschränkt werden, wenn ein Teil der Elemente, wie oben angenommen wurde, zum Aus- und Einschalten eingerichtet ist. Es erhalten dann zu Anfang der Ladung sämtliche Elemente Strom. Die Zelle, welche bei der Entladung zuletzt zugeschaltet wurde, hat am wenigsten von ihrer Ladung abgegeben, ist also zuerst wieder vollgeladen. Sie wird dann ausgeschaltet, und ebenso wird nach einiger Zeit mit der vorletzten, der drittletzten Zelle u. s. w. verfahren und damit der Ladestrom, trotz des Ansteigens der Batteriespannung, annähernd konstant erhalten. Eventuell hilft man noch mit dem Nebenschlussregulator nach. Dadurch, dass die Schaltzellen, sobald sie geladen sind, der Reihe nach abgeschaltet werden können, wird ein erheblicher Stromverlust infolge andauernder Gasentwickelung beim Laden derselben vermieden.

68. Einrichtung der Zellenschalter. Ein Zellenschalter, der dem oben bezeichneten Zwecke dienen soll, enthält eine Anzahl Kontaktstücke, von welchen Leitungen zu den Verbindungsstellen je zweier Elemente nahe dem einen Ende der Batterie führen. Das letzte Kontaktstück ist mit dem freien Pole der letzten Zelle verbunden. Die Kontaktstücke sind in einem Kreise, oder einem Teile eines Kreises, oder aber in einer geraden Linie angeordnet, und es lässt sich auf denselben ein Schleifkontakt, der entweder an einer Kurbel (bei der runden Form) oder an einem Schlitten (bei der geradlinigen Form des Zellenschalters) sitzt, verschieben. Zwischen den Schleifkontakt des Zellenschalters und den freien Pol der ersten Zelle der Batterie wird diejenige Leitung eingeschaltet, für welche die Spannung mit Hülfe des Apparates reguliert werden soll.

Wenn die mit den aufeinander folgenden Verbindungsstellen der Elemente verbundenen Kontaktstücke unmittelbar nebeneinander liegen, so muss der Schleifkontakt beim Verstellen von einem Kontaktstücke zum nächsten für einen Augenblick beide Stücke berühren. Dadurch wird aber die zwischen denselben liegende Zelle kurz geschlossen; es fliesst durch den Schleifkontakt ein Strom von abnorm

hoher Stärke, welcher dem Elemente schadet und, wenn er beim Weiterdrehen der Kurbel unterbrochen wird, durch den Öffnungsfunken Verbrennungen und Schmelzungen an den Kontaktteilen verursacht. Die genannte einfache Einrichtung des Zellenschalters ist also nicht gut anwendbar. Man bringt vielmehr zwischen je zwei mit Zellen verbundenen Kontaktstücken ein besonderes, gewöhnlich schmäleres Metallstück an (Zwischenkontakt), welches mit dem einen der ersteren durch einen kleinen künstlichen Widerstand (sog. Zwischenwiderstand) verbunden ist. Diese Einrichtung ist aus der schematischen Fig. 160 zu ersehen. Ihre Wirkungsweise ist folgende: Steht die Schleifkurbel *K* (bezw. der Kontaktschlitten)

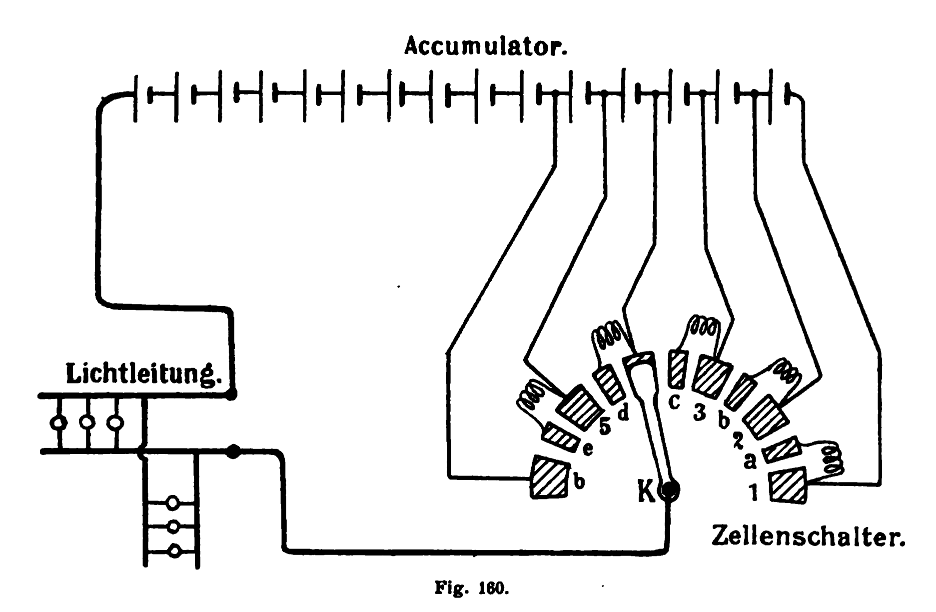


Fig. 160.

zunächst auf dem letzten Kontaktstück (in der Figur mit 1 bezeichnet), sodass die volle Batterie eingeschaltet ist, und dreht man sie, um das letzte Element abzuschalten, so kommt sie, nachdem sie Kontaktstück 1 verlassen hat, zunächst auf den mit *a* bezeichneten Zwischenkontakt zu stehen. Dann sind immer noch sämtliche Zellen eingeschaltet, doch muss der Strom, um von Kontakt 1 zur Kurbel zu gelangen, erst noch den zwischen 1 und *a* angebrachten Zwischenwiderstand durchlaufen. Berührt die Kurbel beim Weiterdrehen dann *a* und zugleich das mit der folgenden Zelle verbundene Kontaktstück 2, so kann wegen des zwischen 2 und 1 eingeschalteten Zwischenwiderstandes ein Kurzschluss der Zelle 1 nicht entstehen,

sondern diese gibt durch den Zwischenwiderstand einen Strom, der durch den Betrag dieses Widerstandes bedingt ist. Dasselbe geschieht beim Abschalten jeder weiteren Zelle. Will man umgekehrt, durch Drehen der Kurbel im Sinne des Uhrzeigers, eine Zelle zuschalten, so kommt der Schleifkontakt zunächt auf das folgende Zwischen-Kontaktstück zu stehen, womit die folgende Zelle unter Vorschaltung des Zwischenwiderstandes eingeschaltet ist. Durch Weiterdrehen auf das mit der zuzuschaltenden Zelle verbundene Kontaktstück wird der Zwischenwiderstand ausgeschaltet.

Der Betrag der Zwischenwiderstände eines Zellenschalters ist zunächst bedingt durch die maximale Stromstärke, welche die Zellen normal geben dürfen. Wenn eine Schaltzelle vorübergehend durch einen Zwischenwiderstand geschlossen ist, darf der Strom die genannte Grenze nicht überschreiten können. Ist der Maximalstrom z. B. 150 Ampère, so darf der Zwischenwiderstand nicht kleiner als $^2/_{150} = {}^1/_{75}$ Ohm sein, wobei die EMK einer Zelle zu 2 Volt angenommen ist. Der Querschnitt des Materiales, aus welchem die Widerstände hergestellt sind, ist so zu wählen, dass diese die vorkommende Maximalstromstärke, wenigstens für kurze Zeit, ohne Schaden aushalten. Man stellt die Zwischenwiderstände aus Neusilberdraht oder -Blech, oder auch aus Kupferdraht her.

Bei der zur Zeit am meisten angewendeten Einrichtung der Zellenschalter werden die Zwischenwiderstände bis auf einen einzigen entbehrlich. Dies ist möglich, da ja niemals mehr als ein Widerstand gleichzeitig benutzt wird. Der Widerstand sitzt in diesem Falle an dem verstellbaren Kontakthebel bezw. Kontaktschlitten und wird mit diesem fortbewegt. Statt eines Schleifkontaktes sind zwei vorhanden, die in kleiner Entfernung von einander starr verbunden, aber elektrisch von einander isoliert sind. Zwischen beide ist der Zwischenwiderstand eingeschaltet. Fig. 161 veranschaulicht diese Anordnung im Schema. K ist die Hauptkurbel, Z der zweite Schleifkontakt, der sich mit K zugleich bewegt, aber von K durch das isolierende Zwischenstück i elektrisch getrennt ist. Der zwischen beiden befindliche »Zwischenwiderstand« ist als eine Spirale gezeichnet. Die mit der Batterie verbundenen Kontaktstücke 1, 2, 3, 4, 5, 6 sind schraffiert. Besondere «Zwischenkontakte« sind nicht mehr erforderlich, doch fügt man zwischen die eigentlichen Kontaktstücke, die einen beträchtlichen Abstand voneinander haben müssen, Stücke aus Isoliermaterial oder isolierte Metallstücke ein, damit die federnden Schleifkontakte nicht in die Zwischenräume einsinken können. Diese Zwischenstücke sind in Fig. 161 ebenfalls zu sehen. Wie der Stromlauf bei dieser Art von Zellenschaltern sich gestaltet, lässt sich leicht übersehen und soll nicht weiter erläutert werden.

Die Zahl der Zellen einer Batterie, welche mittels des Zellenschalters sollen zu- und abgeschaltet werden können, richtet sich danach, in welchen Grenzen die Klemmenspannung der Batterie im Betriebe verändert werden muss. Bei Einzelanlagen, in welchen der Spannungsverlust in den Leitungen 2 bis 3% nicht übersteigt, genügt es schon, wenn etwa ein Zehntel aller Elemente am Zellenschalter sitzt.

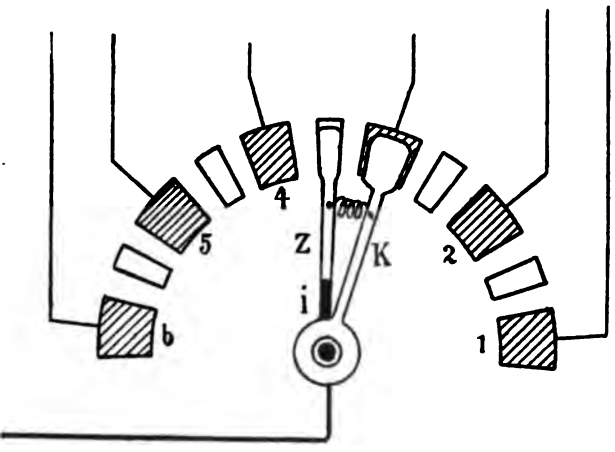


Fig. 161.

69. Vorteile der Verwendung der Akkumulatoren in Beleuchtungsanlagen. Die Ausrüstung einer elektrischen Beleuchtungsanlage mit Akkumulatoren hat gewöhnlich den Zweck, die Ausnutzung der Maschinen wirtschaftlicher und den Betrieb sicherer zu machen. Dies gilt hauptsächlich für Anlagen mit wechselndem Stromverbrauch, z. B. sogen. Blockstationen, grössere Fabriken, Hôtels u. dergl. Beim reinen Maschinenbetrieb stehen Motor und Dynamomaschinen tagsüber gewöhnlich still, werden gegen Abend mit zunächst schwacher Belastung in Gang gesetzt, sind nur kurze Zeit voll beansprucht, müssen dann aber häufig noch stundenlang, oft bis nach Mitternacht, einer geringen Lampenzahl wegen in Betrieb bleiben. Die Ausnutzung der Stromquelle kann so nur eine höchst unökonomische sein. Ist dagegen eine Akkumulatorenbatterie vorhanden, so gestaltet sich der Betrieb derart, dass die Batterie bei Tage, so lange kein Licht gebraucht wird, von der Maschine geladen wird. Sobald gegen Abend der Stromkonsum beginnt, liefert diesen zunächst die Dynamomaschine allein und gibt, was sie ausserdem an Strom liefern kann, eventuell noch an die Akkumulatoren ab. Steigt dann der Stromverbrauch über die

Leistungsfähigkeit der Maschine hinaus, so wird der Überschuss der Batterie entnommen, welche also während der Hauptkonsumzeit neben der Maschine mit als Stromquelle dient. Nachdem die Zeit des maximalen Verbrauches vorüber ist, wird zu einer bestimmten Stunde, von der ab erfahrungsgemäss die Stromstärke unter einer gewissen Grenze bleibt, der Maschinenbetrieb eingestellt. Die Akkumulatoren übernehmen von da an in den späten Abend- und Nachtstunden, sowie im Winter am frühen Morgen die Stromlieferung allein, sodass vom Bedienungspersonal nur noch eine Person zum Regulieren der Spannung, unter Umständen auch niemand erforderlich ist.

Bei dieser Art des Betriebes laufen Betriebs- und Dynamomaschine nur in den Tages- und Abendstunden, wodurch die auf die Stunde berechneten Bedienungskosten ermässigt werden. Ferner sinkt die Strombelastung der Dynamomaschine während des grössten Teiles der Betriebszeit nicht unter einen gewissen Betrag (Ladestromstärke der Batterie), sodass die Maschine stets mit einem günstigen Wirkungsgrade arbeiten kann. Man kommt ausserdem mit einer kleineren Dynamo- und Betriebsmaschine aus, als in dem Falle, in welchem die erstere allein den Strom liefert. Endlich ist die Sicherheit des Betriebes wesentlich erhöht, da das Brennen von Lampen nicht mehr unbedingt von dem gleichzeitigen Laufen von Maschinen abhängt. Es können infolgedessen die in vielen Fällen erforderlichen Reserven an Dynamo- und Betriebsmaschinen wegbleiben, oder sehr beschränkt werden. Im Sommer, wo der Lichtbedarf klein ist, lässt es sich, wenn die Verhältnisse danach liegen, oft ermöglichen, dass die Batterie den abendlichen Konsum allein befriedigt, sodass der Maschinenbetrieb zum Laden ausschliesslich bei Tage, event. nur alle paar Tage, erforderlich ist. Die Sammlerbatterie spielt somit im elektrischen Beleuchtungsbetriebe dieselbe Rolle wie das Gasometer bei der Gasbeleuchtung.

Wo Wasserkraft zur Verfügung steht und für andere Zwecke eine Turbine oder ein Wasserrad bereits vorhanden ist, kann schon mittels einer verhältnismässig kleinen Dynamomaschine eine grössere Batterie geladen werden, da die Maschine ohne erhebliche Betriebs- oder Bedienungskosten zu allen Zeiten, in denen kein Licht gebraucht wird, die Ladung mit einer geringeren als der normalen Stromstärke besorgen kann.

Den genannten Vorteilen stehen gegenüber: die hohen Anschaffungs- und (wegen der beschränkten Lebensdauer) Amortisationskosten der Akkumulatoren und der Verlust an elektrischer Arbeit, der durch die zweimalige Umwandlung derselben beim Laden und Entladen bedingt ist, endlich die Komplizierung des ganzen Betriebes.

Die Grösse der Elemente einer Akkumulatorenbatterie richtet sich nach der Stromstärke, die sie im Maximum sollen liefern können, und nach der Zeitdauer, während welcher sie überhaupt Strom geben sollen, sowie nach dem Verlaufe des Konsums in dieser Zeit, d. h. also nach dem Teile des gesamten (in Ampère-Stunden gemessenen) Stromverbrauches, den die Batterie übernehmen soll. (Vergl. hierüber **74.**)

Schaltungen für Akkumulatoren im Beleuchtungsbetriebe.

70. Einrichtung mit Einfach-Zellenschalter. Eine für den im vorstehenden geschilderten Zweck mit Akkumulatorenbatterie ausgerüstete Anlage erfordert eine besondere Schalteinrichtung, um den Verbrauchsstrom entweder der Dynamomaschine allein, oder der Batterie allein, oder beiden zusammen entnehmen zu können, sowie um durch die Maschine die Akkumulatoren zu laden. Auch ist, wie schon früher erwähnt, eine Vorrichtung erforderlich, um während der Entladung der Batterie deren Klemmenspannung regulieren zu können.

Wird eine Anlage von vorn herein für Akkumulatorenbetrieb eingerichtet, so empfiehlt sich am meisten das System der sogen. reinen Parallelschaltung. Die Klemmenspannung der Dynamomaschine, die eine Nebenschlussmaschine sein muss, soll mittels des Nebenschlussregulators in weiten Grenzen verändert und bis zu dem Betrage gesteigert werden können, welchen die Akkumulatoren am Ende der Ladung verlangen. Die Zahl der erforderlichen Elemente ergibt sich durch Division der in die Verbrauchsleitung zu liefernden Spannung durch den Betrag, bis zu welchem die Klemmenspannung einer Zelle bei der normalen Entladung sinkt (etwa 1,80 Volt). Beträgt die erstere z. B. 105 Volt, so sind $\frac{105}{1{,}80} = 58$ Elemente erforderlich, für 110 Volt dementsprechend 61 Zellen, für 65 Volt 36.

Fig. 162 zeigt die Schaltung im Schema. Darin sind Messinstrumente, Ausschalter u. s. w. weggelassen. *D* veranschaulicht schematisch die Dynamomaschine, *r* den Nebenschlussregulator, *AA* die Akkumulatorenbatterie, *Z* einen einfachen Zellenschalter. *U* ist ein Umschalter, welcher gestattet, den Punkt 1 nach Belieben mit den Kontakten 2 oder 3 zu verbinden. Ist 1 mit 3 verbunden, so speist die Dynamomaschine ausschliesslich die in die Verbrauchsleitung *L* eingeschalteten Lampen *l*, vorausgesetzt, dass man die Batterie ganz ausgeschaltet hat. Am Regulator *r* ist dabei soviel

Widerstand einzuschalten, dass die Lampen mit ihrer normalen Spannung brennen. Zur Ladung der Akkumulatoren ist 1 und 2 zu verbinden. Die Regulierung des Ladestromes auf den normalen Betrag geschieht so, dass man, wiederum mit Hülfe von *r*, die Spannung der Maschine entsprechend ändert. Während des Ladens können Lampen brennen. Der Strom für dieselben wird von der Batterie abgenommen, wobei mit Hülfe des Zellenschalters *Z* die richtige Spannung hergestellt werden muss. Sollen, in der Hauptkonsumzeit, Maschine und Batterie den Lampenstrom gemeinsam liefern, so wird 1 mit 3 verbunden, die Batterie mittels des Zellenschalters auf die

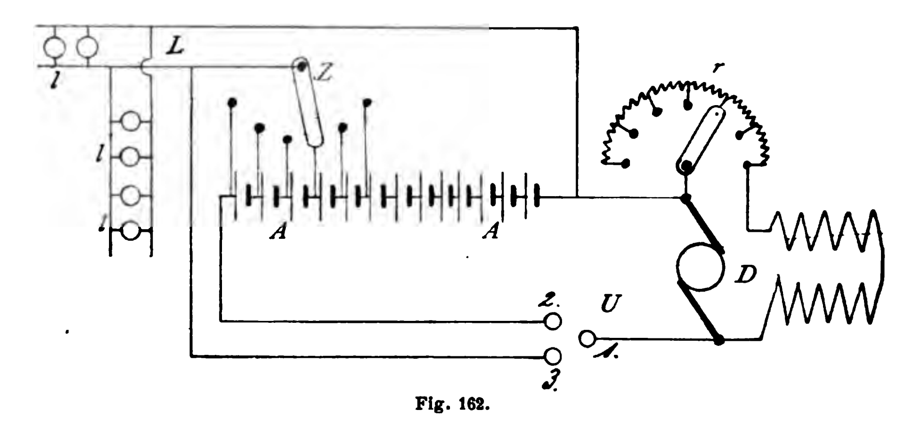


Fig. 162.

Verbrauchsspannung reguliert und zugleich durch Verstellen von *r* die Stromstärke der von beiden Teilen gelieferten Ströme so abgeglichen, dass die Maschine voll beansprucht ist.

Beide Stromquellen sind damit parallel geschaltet. Dies hat den Vorteil, dass etwaige kleine Schwankungen in der Umlaufsgeschwindigkeit der Maschine keine Spannungsschwankungen zur Folge haben können. In Fällen, in welchen eine Betriebsmaschine so ungleichmässig läuft, dass die von der Dynamomaschine allein gespeisten Lampen fortwährend kleine Zuckungen des Lichtes zeigen, lässt sich häufig nur durch Zufügung einer Sammlerbatterie gleichmässige Lichtstärke erzielen. Die Akkumulatoren wirken wie ein Regulator für die Spannung. Nimmt nämlich die Tourenzahl der Dynamomaschine ab, so überwiegt die EMK der Batterie; die von der letzteren gelieferte Stromstärke steigt, der Maschinenstrom nimmt ab. Da aber der Strom in der Nebenschlusswickelung, wegen der unveränderten Spannung der Batterie, und mit ersterem der Magnetismus der Maschine konstant bleibt, so steigt die EMK der Maschine, weil diese eine Nebenschlussmaschine ist, bei der

Stromabnahme wieder etwas, sodass nicht Strom von den Akkumulatoren durch den Anker gehen kann. Hat die Tourenzahl ihren normalen Betrag wieder erreicht, so ist die Stromverteilung wieder die frühere. Läuft umgekehrt die Maschine etwas schneller, so gibt sie mehr Strom, die Batterie weniger, so lange, bis die frühere Geschwindigkeit wieder hergestellt ist. In beiden Fällen bleibt die von den parallel geschalteten Stromquellen gelieferte Spannung stets auf fast dem gleichen Betrag, nämlich der Entladespannung der eingeschalteten Elementenzahl. Diese nimmt mit fortschreitender Entladung ab, sodass von Zeit zu Zeit eine neue Zelle zuzuschalten ist. Dann muss aber jedesmal mit Hülfe des Regulators die richtige Verteilung der Stromstärken wieder hergestellt werden.

71. Schaltungseinrichtung mit Doppel-Zellenschalter. Die im vorstehenden beschriebene Schaltungsart lässt bei der — allein oder in Parallelverbindung mit der Dynamomaschine stattfindenden — Entladung der Batterie nichts zu wünschen übrig. Es finden insbesondere keine Stromverluste in Vorschaltwiderständen oder dergl. statt. Während der Ladung jedoch geht der von der Maschine gelieferte Strom stets durch die ganze Batterie, vorausgesetzt dass beim Laden Lampen brennen sollen. Die mit dem Zellenschalter verbundenen Elemente haben jedoch während der Entladung weniger Strom abgegeben, als die übrigen, um so weniger, je näher dem Ende der Batterie sie stehen. Ihre Ladung ist dementsprechend früher vollendet, und sie werden von da ab überladen. Diese Überladung der letzten Zellen wiederholt sich bei jedem Laden und ist kein Vorteil. Sie bedeutet zunächst einen Verlust an elektrischer Arbeit und ist ausserdem den Elementen ebensowenig zuträglich, wie eine Überentladung (vergl. **64**). Nur wenn man darauf verzichtet, beim Laden Lampen zu brennen, indem man die Ladung z. B. vormittags vornimmt, kann man die einzelnen Zellen, in dem Masse wie sie vollgeladen sind, abschalten. In diesem Falle, in welchem auch die Anzahl der Schaltzellen kleiner sein kann, als in dem zuerst behandelten, wird zur Ladung Kontakt 1 des Umschalters *U* mit 3 verbunden.

Der genannte Übelstand wird indessen ganz vermieden bei Anwendung eines doppelten Zellenschalters. Durch diesen ist es ermöglicht, die Zahl der zu ladenden Elemente zu verändern, d. h. die Endzellen nach und nach, sobald sie geladen sind, auszuschalten und dabei die gleichzeitig brennenden Lampen mit einer anderen Zellenzahl zu speisen. Die letztere kann durch die Stellung des zweiten Kontakthebels, des sogen. Entladehebels, beliebig gewählt werden. Dann ist jeder Stromverlust ausgeschlossen. In Fig. 163 bezeichnet *ZZ* den Doppelzellenschalter (der im Prinzip von Herm.

Müller[1]) herrührt). Von dem Augenblicke ab, wo (zur Zeit des grössten Verbrauches) Dynamomaschine und Batterie beide Strom abgeben, müssen Lade- und Entladehebel auf der gleichen Zelle stehen und dürfen von da ab nur zusammen und in gleicher Weise verstellt werden. Der Grund ist leicht ersichtlich. Die übrige Anordnung stimmt mit der in Fig. 162 überein. Zur Zeit der Ladung ist bei U Kontakt 1 mit 2, während der gleichzeitigen Stromabgabe aus Maschine und Batterie 1 mit 3 verbunden. Ein Übelstand ist, dass bei der Ladung und gleichzeitigen Stromabgabe an die Lampen die gesamte, von der Dynamomaschine gelieferte Stromstärke die

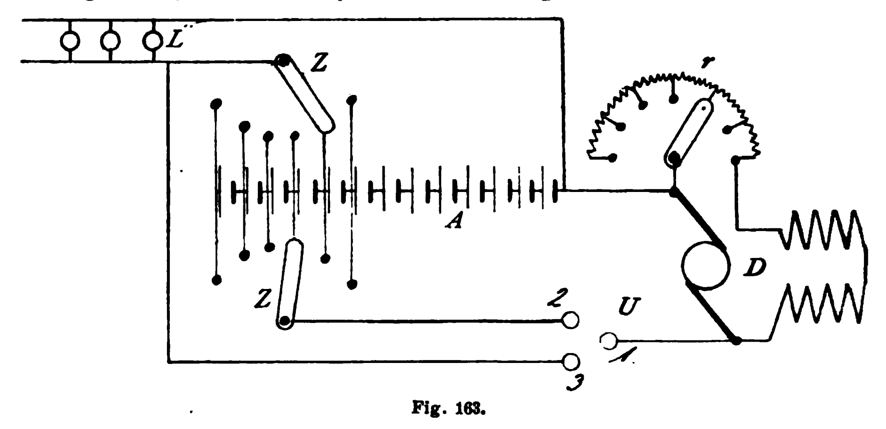


Fig. 163.

zwischen den beiden Kurbeln befindlichen Schaltzellen durchfliesst. Damit dieser unter Umständen übermässig hohe Strom den Schaltzellen nicht schade, kann man zu diesen eine grössere Type verwenden, als zur übrigen Batterie.

72. Ladung der Batterie in zwei Reihen. Die beiden beschriebenen Schaltungsarten sind die einfachsten für den Akkumulatorenbetrieb, und sie werden, besonders die zuletzt beschriebene, bei ganz neu auszuführenden Anlagen sehr häufig angewendet. Sie verlangen jedoch, wie schon erwähnt, dass die Klemmenspannung der Dynamomaschine in weiten Grenzen verändert werden könne, nämlich von dem Betrage, welcher am Anfange der Verbrauchsleitung L herrschen soll, bis zu dem Maximalwerte, welcher beim Überladen der ganzen Batterie erreicht wird. Beträgt der erstere 112 Volt, die Zellenzahl also 62, so muss die Maschinenspannung sich von 112 bis etwa $2{,}7 \times 62 =$ ca. 167 Volt verändern lassen. Dies ist mit der Grund, weshalb die genannten einfachen Schaltungen gewöhnlich nicht angewendet werden können, wenn es sich darum handelt,

[1]) Herm. Müller, Elektrotechnische Zeitschrift 1891, S. 2.

eine schon bestehende Beleuchtungsanlage mit einer Akkumulatorenbatterie auszurüsten. Die Dynamomaschine ist in diesem Falle schon vorhanden und gibt normal nur die zum Speisen der Lampen erforderliche Spannung, welche sich höchstens um einige Volt erhöhen lässt, zum Laden der Batterie jedoch nicht ausreicht. Um den Akkumulatorenbetrieb zu ermöglichen, muss man für die Ladung die Batterie in zwei Hälften parallel schalten. Die so geschaltete Batterie verhält sich bezüglich Spannung und Stromstärke wie eine solche von halb sovielen Zellen der doppelten Plattenoberfläche. Sie beansprucht zum Laden nur die Hälfte der Spannung, wie wenn sämtliche Elemente in einer Reihe verbunden wären (bei 62 Zellen also im Maximum $2{,}7 \times \frac{62}{2} =$ ca. 84 Volt), dafür aber die doppelte Stromstärke, und es ist vorteilhaft, wenn die Dynamomaschine die letztere noch liefern kann. Anderenfalls muss mit geringerer Stromstärke und dafür desto länger geladen werden.

Es wird dadurch noch ein Umschalter (sogen. Reihenschalter) erforderlich, der die Akkumulatoren für die Ladung in zwei Reihen parallel, für die Entladung alle hinter einander zu verbinden gestattet, ausserdem ein Vorschaltwiderstand, welcher gross genug sein muss, um bei der Ladung den zu Anfang beträchtlichen Überschuss der Maschinenspannung über die der Batterie zu verzehren. Dabei ist vorausgesetzt, dass während der Ladung Lampen mitbrennen sollen und die Klemmenspannung der Dynamomaschine aus diesem Grunde auf dem für die Verbrauchsleitung erforderlichen Betrage, hier von etwa 112 Volt, gehalten werden muss. Es geht dann also ein nicht geringer Betrag von elektrischer Arbeit in dem vorgeschalteten Widerstande verloren.

Fig. 164 zeigt die Schaltungseinrichtung für den vorliegenden Zweck unter der Voraussetzung, dass die bereits vorhandene Maschine eine Nebenschlussmaschine ist. C bedeutet die Schaltvorrichtung für die beiden Hälften der Batterie (den Reihenschalter). Wird Kontakt 4 mit 5 und 6 mit 7 verbunden, so sind beide Batteriehälften parallel, bei Verbindung von 5 mit 6 hinter einander geschaltet. Für die Ladung ist Kontakt 1 des Umschalters U mit 2, bei Entladung mit 3 in Verbindung zu setzen. In letzterem Falle werden die Lampen von Batterie und Maschine zusammen gespeist. Die Verteilung der Strombelastung auf jede der beiden Stromquellen geschieht mittels des Nebenschlussregulators r und des Vorschaltwiderstandes R. Besteht keinerlei Verbindung zwischen 1, 2 und 3, so liefern die Akkumulatoren allein den Strom, der mit Hülfe von R reguliert wird. Ein Zellenschalter ist nicht erforderlich.

Dass der Wirkungsgrad der Stromerzeugungsanlage bei dieser letztbeschriebenen Anordnung hinter demjenigen der beiden zuerst genannten zurückbleiben muss, bedarf keines Nachweises. Immerhin fallen die übrigen durch die Akkumulatoren erreichbaren Vorteile häufig schwer genug ins Gewicht, um die Aufstellung einer Batterie auch in solchem Falle wünschenswert zu machen.

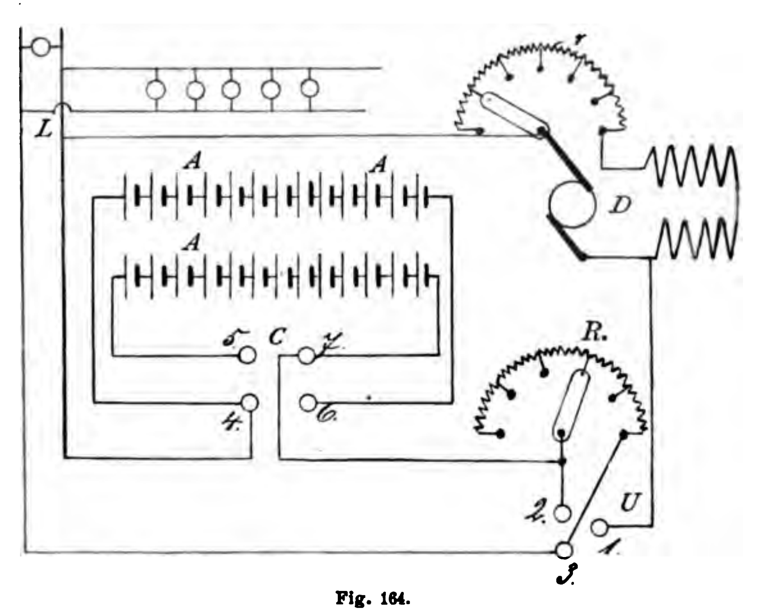


Fig. 164.

73. Betriebseinrichtung mit Zusatzmaschine. Bei der in **71** beschriebenen Gestaltung des Akkumulatorenbetriebes, der reinen Parallelschaltung von Batterie und Dynamomaschine unter Anwendung eines Doppelzellenschalters, ist die Zahl der Schaltzellen sehr beträchtlich. Dies hat in der Bedingung, dass während der Ladung Lampen mitbrennen sollen, seinen Grund. Da gegen Ende der Ladung die Spannung pro Zelle etwa 2,6 Volt, bei Überladung mit ermässigter Stromstärke bis 2,7 Volt beträgt, so muss der Verbrauchsstrom für die Lampen einer entsprechend kleineren Zellenzahl entnommen werden. Anderseits muss die Gesamtzahl aller Zellen gross genug sein, damit auch am Ende der Entladung, wenn jede Zelle nur noch etwa 1,80 Volt liefert, die erforderliche Betriebsspannung noch vorhanden sei. Bezeichnet man die letztere mit V, die Gesamtzahl aller Zellen mit n, so ist

$$V = 1{,}8\, n.$$

Ist ferner x die Anzahl der Schaltzellen, so gilt für das Ende der

Ladung, die Spannung pro Zelle zu 2,7 Volt angenommen, die Beziehung

$$V = 2{,}7\ (n - x).$$

Durch Gleichsetzen der beiden Werte von V erhält man

$$n - x = \frac{1{,}8}{2{,}7}\, n \text{ und hieraus } x = 0{,}33\, n.$$

Es muss also, unter den hier gemachten Annahmen, ein Drittel aller Elemente am Zellenschalter ein- und auszuschalten sein. Dies ergibt z. B. für eine Betriebsspannung von 112 Volt, bei der die Batterie im ganzen etwa 62 Zellen enthält, 21 Schaltzellen.

Weiter muss die zum Laden bestimmte Dynamomaschine, wie schon in **66** erwähnt, so dimensioniert sein, dass ihre Klemmenspannung bis zu dem Betrage gesteigert werden kann, welchen alle Zellen zusammen am Ende der Ladung erfordern. Im täglichen Betriebe wird diese hohe Spannung zwar nicht erreicht, da gegen Ende der Ladung die Schaltzellen zum grössten Teile schon abgeschaltet sind. Dagegen muss sie für eine etwaige Überladung der Batterie, wie sie bei Neuinstallierung, sowie später hie und da vorkommt, zur Verfügung stehen. Für eine Betriebsspannung der Anlage von 112 Volt ist also eine Dynamomaschine erforderlich, die für 62 Zellen ausreicht, also etwa $2{,}7 \times 62 =$ ca. 167 Volt geben kann. Da die Modellgrösse der Maschine durch das in Watt gemessene Produkt »maximale Klemmenspannung mal Maximalstromstärke« bedingt ist, so muss die Dynamomaschine somit für eine um etwa 50% höhere Leistung gebaut sein, als erforderlich wäre, wenn sie den gleichen Maximalstrom direkt in die Verbrauchsleitung, d. h. also nur mit der Verbrauchsspannung, zu liefern hätte. Dies erhöht den Preis der Maschine, hat aber noch den weiteren Nachteil zur Folge, dass dieselbe selten voll belastet ist, nämlich nur dann, wenn sie die volle Spannung zu liefern hat, sodass sie in den übrigen Zeiten mit einem weniger günstigen Wirkungsgrade arbeitet. Ist die Anlage so disponiert, dass die Akkumulatoren nicht die Hälfte der bei vollem Betriebe erforderlichen Stromstärke, sondern nur einen geringeren Bruchteil zu liefern vermögen, so muss dennoch die Dynamomaschine imstande sein, die oben genannte Maximalspannung zu geben; zugleich aber muss ihre Ankerwickelung für den in diesem Falle entsprechend grösseren Strombetrag ausreichen. Die Maschine wird also im Verhältnis um so teurer, einen je kleineren Anteil des Gesamtkonsumes der Akkumulator übernehmen soll.

Die beiden im vorstehenden erläuterten Umstände: der bedeutende Umfang des Zellenschalters und die Nichtausnutzung der Grösse der Dynamomaschine während des grössten Teiles der Betriebszeit tragen dazu bei, die Anschaffungs- und auch die Betriebskosten bei Akkumulatorenanlagen für elektrische Beleuchtung erheblich zu ver-

mehren. Es sind deswegen schon mehrere Vorschläge gemacht und praktisch ausgeführt worden, welche die genannten Übelstände, wenn auch nicht beseitigen, so doch wesentlich vermindern sollen.

Am häufigsten wird eine sogen. Zusatzmaschine angewendet, durch deren Hinzufügung die Grösse der Dynamomaschine und meist auch die des Zellenschalters reduziert wird. Die Zusatzmaschine ist eine gewöhnliche Dynamomaschine, die bei der Ladung in den Ladestromkreis so eingeschaltet wird, dass sich die von ihr gelieferte Spannung zu der der Hauptdynamomaschine addiert, also so wie man zwei galvanische Elemente hinter einander schaltet. Die

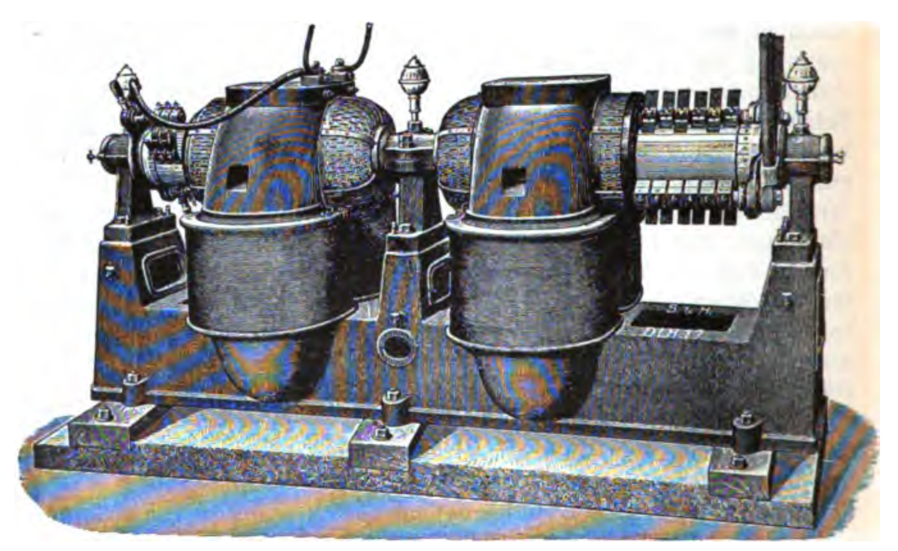


Fig. 165.

maximale Stromstärke der Zusatzmaschine ist die Ladestromstärke der Batterie; ihre Spannung muss in weiten Grenzen veränderlich sein, damit die Maschine in jedem Stadium der Ladung den Überschuss der Ladespannung über die der Hauptdynamomaschine, welche dauernd die Lampenspannung gibt, liefern kann. Beträgt die letztere z. B. 112 Volt, die maximale Spannung zum Laden 167 Volt, so muss die Zusatzmaschine zwischen etwa 20 und 55 Volt geben können.

Die Zusatzmaschine kann von der Betriebsmaschine einfach durch einen Riemen angetrieben werden, was auch hie und da geschieht. Meistens treibt man sie jedoch durch einen mit ihr gekuppelten Elektromotor, der von der Hauptdynamomaschine gespeist wird. Fig. 165 zeigt eine derartige Doppelmaschine (Modell DLH) von Siemens & Halske. Links befindet sich der Elektro-

motor, rechts die Zusatzmaschine. An der Gestaltung der Kollektoren ist zu erkennen, dass der erstere für höhere Spannung bei mässiger Stromstärke, die letztere für grosse Stromstärke bei geringerer Spannung eingerichtet ist. Durch Veränderung eines vor den Elektromotor geschalteten sogen. Anlasswiderstandes kann die Umlaufsgeschwindigkeit des Motors und der Zusatzdynamo und damit, sowie mit Hülfe des Nebenschlussregulators der letzteren, der Betrag der Zusatzspannung verändert werden.

Durch Fig. 166 wird eine Akkumulatorenanlage mit Zusatzmaschine und Einfach-Zellenschalter veranschaulicht. Der Elektro-

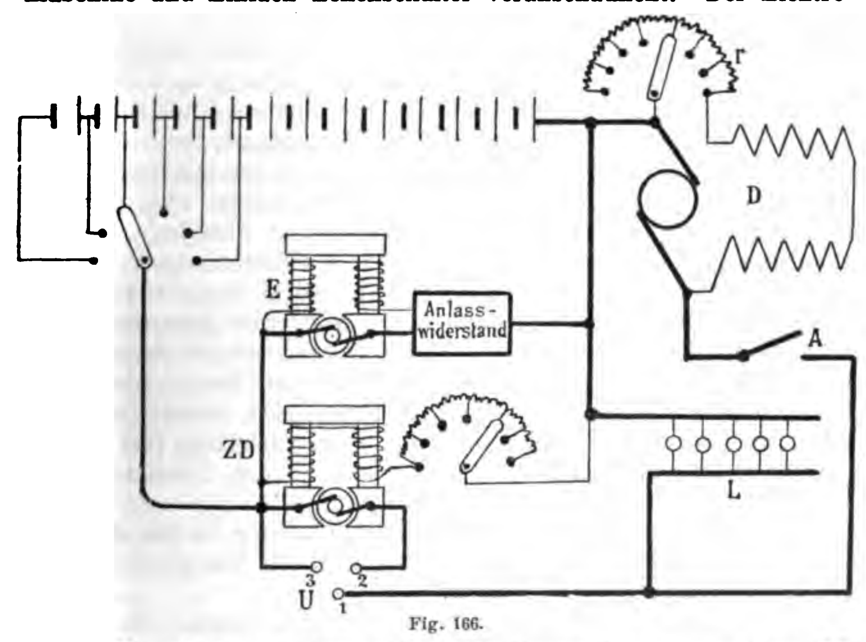


Fig. 166.

motor *E* und die mit ihm gekuppelte Zusatz-Dynamomaschine *ZD* sind, der grösseren Deutlichkeit halber, getrennt gezeichnet. Zur Ladung wird am Umschalter *U* Kontakt 1 mit 2 verbunden, sodass die Batterie die Summe der Spannungen der Haupt-Dynamo *D* und der Zusatzmaschine *ZD* erhält. Die gleichzeitig brennenden Lampen werden von der Maschine *D* allein gespeist. Sollen, zur Hauptbetriebszeit, Batterie und Dynamomaschine zusammen Strom abgeben, so wird die Zusatzmaschine ausgeschaltet, dadurch, dass man bei *U* Kontakt 1 mit 3 verbindet und gleichzeitig den Elektromotor abstellt. Wenn schliesslich die Batterie allein die Speisung der Lampen übernehmen soll, so schaltet man durch Öffnen des Ausschalters *A* auch die Dynamomaschine aus. Bei dieser An-

ordnung brauchen nur höchstens 10% der Elemente am Zellenschalter zu sitzen, da die Batterie während der Ladung keine Lampen speist.

Soll die Regulierung der Lampenspannung jedoch auch während der Ladung vom Zellenschalter aus. erfolgen (reiner Parallelbetrieb), so geht man des eben genannten Vorteiles verlustig. Es wird ein Doppel-Zellenschalter mit entsprechend mehr Zellen erforderlich und die Lampenspannung wird stets mit dem Entladehebel des Zellenschalters reguliert.

Bei Beginn der Ladung der Batterie wird zunächst der Elektromotor in Gang gesetzt und dann die mit ihm gekuppelte Dynamomaschine in den Ladestromkreis eingeschaltet. Man reguliert so, dass die Zusatzmaschine zunächst nur einen entsprechend geringen Zuwachs zu der von der Hauptdynamomaschine erzeugten Spannung liefert, und erhöht ihn allmählich in dem Masse, wie mit fortschreitender Ladung die Klemmenspannung der Akkumulatoren wächst. Infolgedessen braucht die Hauptdynamomaschine während der ganzen Dauer der Ladung stets nur eine und dieselbe Klemmenspannung zu liefern, deren Betrag durch die Betriebsspannung der Anlage gegeben ist. Für eine höhere Spannung braucht sie nicht eingerichtet zu sein. Dies gilt für die beiden genannten Anordnungen. Den in jedem Stadium der Ladung erforderlichen Mehrbetrag an Spannung, und zwar stets gerade nur diesen, liefert die Zusatzmaschine. Die Verluste beschränken sich hierbei auf den durch die einmalige (bei Riemenantrieb) bezw. zweimalige (bei elektromotorischem Antrieb) Arbeitsumwandlung in der Zusatzmaschine bedingten Betrag.

Wie die Batterie aus dem Zustande der Ladung in den der Entladung mit Hülfe des Zellenschalters allmählich übergeführt wird, ist schon in **67** erläutert worden.

Trotz der im vorstehenden geschilderten Vorteile ist jedoch nicht zu verkennen, dass die Hinzufügung der Zusatzmaschine eine Komplizierung des Betriebes bedeutet, da durch sie eine weitere laufende Maschine, deren Stromabgeber ebenso sorgfältig gepflegt werden müssen, wie die der Hauptdynamo, hinzukommt. Diese Art des Akkumulatorenbetriebes eignet sich ihrer Natur nach nur für grössere Anlagen, in denen ein ausreichendes Bedienungspersonal stets vorhanden ist.

74. Bestimmung der Grösse einer Batterie. Wie sich die erforderliche Anzahl der Zellen aus der Verbrauchsspannung ergibt, wurde schon in **70** gezeigt.

Nicht so einfach gestaltet sich die Bestimmung der erforderlichen Grösse der Elemente, d. h. ihrer Kapazität und maximalen

Entladestromstärke. Der Grund hiervon liegt darin, dass es nicht nur, wie bei einer Dynamomaschine, auf den Maximalbetrag der Verbrauchsstromstärke ankommt, sondern auch auf die Verteilung des Konsumes über die 24 Stunden des Tages, an welchem der grösste Verbrauch statthat. Der Akkumulator besitzt ja nur eine beschränkte Kapazität und muss nach Abgabe dieser Strommenge wieder geladen werden, wozu die genügende Zeit und Maschinenkraft zur Verfügung stehen muss.

Die erforderliche Batteriegrösse aus der maximalen Entladestromstärke, der Verteilung des Konsumes über den Tag des grössten Verbrauches und noch etwaigen anderen Grundlagen präzise zu berechnen, ist überhaupt nicht gut möglich.

Für den einfachen Fall einer Beleuchtungsanlage für reinen Parallelbetrieb zwischen Dynamomaschine und Akkumulatoren, bei der der maximale Entladestrom der Batterie zwischen etwa 50 und 100 % der maximalen Stromstärke der Dynamomaschine liegt, lässt sich eine angenäherte Bestimmung der Zellengrösse unter gewissen Voraussetzungen in der folgenden Weise ausführen:

Es bezeichne:

M die maximale Verbrauchsstromstärke am Tage des grössten Konsumes, in Ampère.

J_d die maximale Stromstärke der Dynamomaschine in Ampère.

J_a die maximale Entladestromstärke der Batterie bei Entladung in 3 Stunden, in Ampère.

C die Kapazität der Batterie, bei 3stündiger Entladung, in Ampère-Stunden.

A den gesamten Stromverbrauch der Anlage am »Maximaltage«, in Ampère-Stunden. (Dieser ergibt sich durch Auftragen der als bekannt vorausgesetzten Verbrauchsstromstärke zu den einzelnen Tagesstunden, mit der Zeit als Abszisse, und Auswerten der erhaltenen Kurvenfläche.)

t die Zeitdauer des Maschinenbetriebes am »Maximaltage«, in Stunden.

D die direkte Stromabgabe der Dynamomaschine an die Verbrauchsleitungen, in Ampère-Stunden.

Zunächst ist: $J_d + J_a = M$ . . . . (1)

und $C = 3\,J_a$

Setzt man voraus, dass die Dynamomaschine während der ganzen Zeitdauer t, die sie im Betriebe ist, mit ihrem Maximalstrome J_d beansprucht sei, was sich bei Parallelbetrieb unter den hier angenommenen Umständen häufig erreichen lässt, so bleibt für die Ladung der Batterie disponibel eine Strommenge von

$$t \times J_d - D \text{ Ampère-Stunden.}$$

Nimmt man ferner an, dass der auf die Elektricitätsmengen (Ampère-Stunden) bezogene Wirkungsgrad, welcher unter den vorliegenden Betriebsverhältnissen erreicht wird, 85% betrage, so kann die Batterie nutzbar abgeben

$$0{,}85\ (t \cdot J_d - D) \text{ Ampère-Stunden.}$$

Da der Akkumulator am »Maximaltage« vollständig ausgenutzt werden soll, so wäre vorstehender Betrag gleich der Kapazität C der Batterie, wenn diese bei jedem beliebigen Entladestrome die gleiche Anzahl Ampère-Stunden ergeben würde. Tatsächlich geschieht aber in Beleuchtungsanlagen ein erheblicher Teil der Entladung mit einer geringeren, als der maximalen Stromstärke. Bei geringerem Strome erhält man aber eine etwas grössere Strommenge, als bei der maximalen Entladestromstärke (vergl. **53** und **56**). Setzen wir nun gleichwohl obigen Betrag der Ampère-Stunden, den der Akkumulator nutzbar abgeben kann, gleich C, so begehen wir damit allerdings eine Ungenauigkeit. In dieser liegt aber ein Schutz gegen eine zu weitgehende Entladung der Batterie, denn diese besitzt dann tatsächlich eine etwas grössere Kapazität, als wir für die Berechnung annehmen.

Wir setzen also:

$$0{,}85\ (t \cdot J_d - D) = C \text{ oder, da } C = 3\,J_a$$

$$0{,}85\ (t \cdot J_d - D) = 3\,J_a \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Endlich ist:

$$D + 3\,J_a = A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Setzt man nun für die Zeitdauer t des Maschinenbetriebes am Maximaltage einen Betrag fest, welcher praktisch passend erscheint, so lassen sich die drei Unbekannten J_a (bezw. C), J_d und D aus den mit (1), (2) und (3) bezeichneten Gleichungen berechnen. Man erhält:

$$J_a = \frac{t\,M - A}{t + 0{,}53} \text{ und daraus } C = 3\,J_a = 3\,\frac{t\,M - A}{t + 0{,}53}$$

Ferner:

$$J_d = M - J_a = M - \frac{t\,M - A}{t + 0{,}53}$$

$$D = A - 3\,J_a = A - 3\,\frac{t\,M - A}{t + 0{,}53}$$

Würde man umgekehrt die Verteilung der maximalen Stromstärke M auf Dynamomaschine und Akkumulator willkürlich wählen, womit J_d und J_a gegeben sind, so liesse sich die Dauer t des Maschinenbetriebes in ähnlicher Weise berechnen. Man erhält in diesem Falle

$$t = \frac{A + 0{,}53\,J_a}{J_d}$$

Es sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass diese Art der Bestimmung der Batteriegrösse, ganz abgesehen von der kleinen

Ungenauigkeit in der Annahme von C, nur in gewissen Grenzen, welche allerdings die am meisten vorkommenden Betriebsverhältnisse umfassen, praktisch brauchbare Resultate liefert.

Zahlenbeispiel. Durch Erhebungen sei festgestellt, dass am Tage des grössten Verbrauches die in die Leitungen zu liefernde Stromstärke den Maximalwert von 330 Ampère erreichen und dass der gesamte Konsum an diesem Tage 1750 Ampère-Stunden betragen werde. Also $M = 330$; $A = 1750$.
Setzt man nun die Zeitdauer, während welcher die Dynamomaschine an dem genannten Tage laufen soll, auf 11 Stunden fest ($t = 11$), so ergeben die oben abgeleiteten Ausdrücke:

$$J_a = \frac{11 \times 330 - 1750}{11 + 0{,}53} = \text{rund } 163 \text{ Ampère}$$

also $C = 3\, J_a = 489$ Ampère-Stunden

ferner $J_d = M - J_a = 167$ Ampère

$D = A - C = 1261$ Ampère-Stunden.

Die Maximalstromstärke der Maschine wird also ungefähr gleich der des Akkumulators.

Setzt man umgekehrt im vorliegenden Falle die Verteilung der maximalen Verbrauchsstromstärke willkürlich so fest, dass die Batterie davon $^1/_3$, die Dynamomaschine $^2/_3$ liefern soll, also

$$J_a = 110,\ J_d = 220\ A,$$

so findet man die erforderliche Zeitdauer des Maschinenbetriebes am Maximaltage aus der oben abgeleiteten Beziehung:

$$t = \frac{A + 0{,}53\, J_a}{J_d} = \frac{1750 + 0{,}53 \times 110}{220} = 8{,}24 \text{ Stunden.}$$

Wann mit dem Maschinenbetrieb zu beginnen ist, ergibt sich mit Hülfe der als bekannt angenommenen Konsumkurve. Die Dynamomaschine wird abends zu der Zeit stillgesetzt, zu welcher die Verbrauchsstromstärke auf den Betrag des normalen Entladestromes der Batterie gesunken ist und von da ab ihn nicht mehr überschreitet. Daher muss im vorliegenden Falle 8,24 Stunden vor diesem Zeitpunkte mit dem Maschinenbetrieb angefangen werden.

Da aber angenommen wurde, dass die Dynamomaschine, so lange sie läuft, stets mit ihrer maximalen Stromstärke beansprucht sei, so ist Voraussetzung, dass der Konsum am Tage so verlaufe, dass sich dies ermöglichen lässt. Hieraus erhellt also wiederum, dass, wie schon oben betont, beim Gebrauche der hier abgeleiteten Formeln Vorsicht zu üben, d. h. auf die tatsächlich vorliegenden Verhältnisse gehörige Rücksicht zu nehmen ist.[1])

---

[1]) Eine exaktere, jedoch infolgedessen ziemlich komplizierte Methode zur Vorausbestimmung der erforderlichen Kapazität entwickeln Rossander und Forsberg, ETZ 1900, S. 881.

75. Aufstellung der Akkumulatoren. Akkumulatoren sollen in trockenen, nicht zu engen Räumen aufgestellt werden. Wegen der bei der Gasentwickelung mitgerissenen Säureteilchen muss eine genügende Ventilation mittels eines ins Freie gehenden Abzugsrohres, eines Schornsteines oder dergl. möglich sein. Bei Aufstellung der Batterie ist als erste Regel festzuhalten, dass jedes Element dem Auge sowohl wie der Hand für etwaige Arbeiten möglichst bequem zugänglich sein soll. Man stellt deswegen kleinere Elemente in nicht mehr als zwei Reihen über einander auf, sodass der Boden der unteren Zellen sich etwa 50 *cm* über dem Fussboden befindet und zwischen der Oberkante der unteren Zellen und dem Gestell, auf welchem die oberen stehen, ein freier Zwischenraum von nicht unter 30 *cm* bleibt. Grosse Akkumulatoren werden alle in einer und derselben Höhe aufgestellt. Auf dem Gestell ordnet man die Elemente in nicht mehr als zwei Reihen neben einander an, sodass von jeder Zelle wenigstens eine Seitenfläche frei zugänglich ist. Es muss deswegen um ein mit Zellen besetztes Gestell allseitig ein Gang von mindestens 75 *cm* Breite frei bleiben. Die Gestelle seien aus Holzbalken solide konstruiert, mit Rücksicht auf das grosse Gewicht der Akkumulatoren, und mit Teer, Karbolineum oder dergl. getränkt.

Auf eine möglichst gute Isolierung der Elemente gegen den Erdboden ist grosse Sorgfalt zu verwenden. Infolge der bei der Gasentwickelung mitgerissenen und der über die Gefässränder kriechenden Säure kann andernfalls leicht ein erheblicher »Erdschluss« eintreten. Man stellt deswegen jede Zelle auf isolierende Füsse aus Glas oder Porzellan. Fig. 167 zeigt eine für diesen Zweck geeignete Form. Der nach unten gekehrte ringförmige Hohlraum isoliert am besten. Ausserdem kann man auch unter jedem der Füsse, welche das Holzgestell tragen, einen entsprechend kräftig konstruierten Isolator anbringen. In Fig. 179 ist eine aus zwei Teilen bestehende Konstruktion für diesen Zweck abgebildet. Die in dem unteren Stücke angebrachte kreisförmige Rinne wird mit Öl gefüllt. Bei Glasgefässen beschlägt sich die Aussenseite nach und nach mit einer Säureschicht, die sich nach unten zieht und allmählich die Isolation verschlechtert. Um zu verhindern, dass dieselbe bis zu den Isolatoren vordringe, kann man die Gefässe zunächst auf Holzsockel stellen, welche ihrerseits von den Isolatoren getragen werden. Auf dem Holzsockel steht das Gefäss in einem flachen Hohlraum, der mit einer aufsaugenden Substanz, z. B.

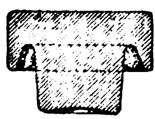



Fig. 167.

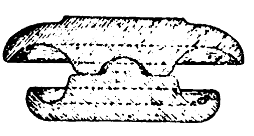


Fig. 168.

Sägespähnen oder Glasmehl, teilweise gefüllt ist. Aus einigen der vorhergegangenen Abbildungen kann die Art der Aufstellung der betreffenden Zellen deutlich ersehen werden.

Die elektrische Verbindung der einzelnen hintereinander geschalteten Elemente geschieht, wie schon erwähnt, am besten durch direktes Verlöten der Bleileisten, welche die positiven bezw. negativen Platten einer Zelle verbinden. Man lötet das Blei meistens mit sich selbst im Wasserstoffgebläse. Die Anwendung von Messingklemmen oder dergl. ist unzulässig wegen der nicht zu vermeidenden Oxydation durch die Säure und den Säuredunst. An den Enden der Batterie, sowie an den mit dem Zellenschalter verbundenen Elementen werden auf die Bleileisten sogen. Polschuhe gelötet, d. h. kurze Bleizylinder mit einem zentrischen Loche. In dieses lötet man dann die kupfernen Zuleitungen ein. Als Flussmittel für diese letzteren Lötstellen empfiehlt sich Kolophonium, das die fertige Lötstelle mit einer schützenden Glasur überzieht. Auf diese Art ist Oxydation der Verbindungsstellen nach Möglichkeit vermieden. Man verlegt die blanken Kupferzuleitungen im Batterieraum auf Porzellandoppelglocken und streicht sie gut mit sogen. Emailfarbe. Sämtliche Apparate, welche zum Betriebe der Akkumulatorenbatterie gehören, befinden sich ausserhalb des Batterieraumes. Der bei der Gasentwickelung sich verbreitende Säuredunst kann, abgesehen von einer kräftigen Ventilation, auch noch durch Bedecken der Elementgefässe mit Glasplatten vermindert werden.

76. Behandlung der Akkumulatoren im Betriebe. Eine Akkumulatorenbatterie erfordert im geregelten Betriebe einer Beleuchtungsanlage nur wenig Wartung, doch muss das wenige, was zu geschehen hat, pünktlich und gewissenhaft ausgeführt werden. Im folgenden sollen die wesentlichsten Punkte, welche bei Behandlung der Akkumulatoren gleich nach der Aufstellung, sowie im späteren Betriebe zu beachten sind, erörtert werden.

Nachdem eine Batterie fertig aufgestellt ist, die Zuleitungen angelötet, alle zugehörigen Apparate montiert sind und der maschinelle Teil der Anlage in Ordnung ist, wird die Säure in die Zellen gefüllt. Die Schwefelsäure soll möglichst rein und mit Schwefelwasserstoff behandelt, das Wasser destilliertes Regen- oder Flusswasser oder mindestens zuvor abgekochtes Leitungswasser sein. An Orten, wo die Transportkosten nicht zu sehr ins Gewicht fallen, bezieht man die Säure am einfachsten, schon bis zur erforderlichen Konzentration verdünnt, fertig aus einer chemischen Fabrik. Sofort nachdem die Füllung beendigt ist, muss mit der ersten Ladung begonnen werden. Diese dehnt man beträchtlich länger aus, als die späteren Ladungen, um die aktive Masse der negativen Platten möglichst in schwammiges

Blei zu verwandeln. Man lädt 30 bis 40 Stunden, wenn möglich ununterbrochen. Dabei beginnen die positiven Platten sehr bald Gas zu entwickeln, während die negativen erst viel später (20 und mehr Stunden) folgen. Es ist sorgfältig darauf zu achten, ob vielleicht ein oder mehrere Elemente keine oder nur schwache Gasentwickelung zeigen. Dies ist stets ein Zeichen, auch im späteren Betriebe, dass in den betreffenden Zellen ein durch irgend welche Umstände herbeigeführter Nebenschluss zwischen den positiven und negativen Platten vorhanden ist, der sofort beseitigt werden muss, da er eine Selbstentladung des Elementes während der Ruhe, bis unter die normale Grenze, zur Folge haben kann und, wenn er länger fortbesteht, das Element dauernd unbrauchbar macht.

Was die Behandlung der Batterie im dauernden Betriebe betrifft, so ist eine häufige Messung der Säuredichte in einzelnen Zellen, am einfachsten mittels eines in Baumégrade geteilten Aräometers, sehr zu empfehlen. Man findet bald, dass dieselbe in den einzelnen Zellen keineswegs ganz gleich bleibt. Abweichungen vom normalen Säuregehalt um bis 2 % nach unten oder oben sind noch zulässig. Kommen grössere Änderungen vor, so muss man durch Zufügen von Säure oder Wasser den Gehalt in den betreffenden Zellen berichtigen. Die Flüssigkeitsmenge in den Zellen nimmt durch Verdunstung, sowie durch Mitreissen der Säure durch die Gasblasen allmählich ab. Die Elemente müssen deswegen häufig aufgefüllt werden, spätestens jedesmal, wenn das Niveau bis zur Oberkante der Platten gesunken ist. Das Nachfüllen geschieht mit einer schwachen Säure von 3 bis 6 % Gehalt, welche die Konzentration der Elementflüssigkeit wieder ungefähr auf den normalen Betrag bringen soll. Statt dessen kann man auch mit Wasser und zwischendurch manchmal mit stärkerer Säure, wie sie zur ersten Füllung der Zellen diente, nachfüllen. Man füllt am besten vor Beginn einer Ladung auf, bei welcher dann die aufsteigenden Gasblasen ein gutes Durcheinandermischen bewirken.

Um Störungen nicht aufkommen zu lassen, nimmt man zweckmässig täglich eine Besichtigung der Elemente vor. Diese geschieht am besten gegen Ende der Ladung, um an dem Ausbleiben der Gasbildung verdächtige Zellen zu erkennen. Eine Überladung zur Beseitigung unregelmässiger Sulfatbildung braucht bei täglichem Betriebe nur selten, etwa alle 2 bis 3 Monate, vorgenommen zu werden. Bei nicht regelmässiger Beanspruchung der Batterie muss man häufiger überladen, insbesondere jedesmal, wenn die Elemente tagelang in teilweise entladenem Zustande gestanden haben. Dass man bei längerem Stehen der Batterie ohne Benutzung von Zeit zu Zeit bis zur reichlichen Gasentwickelung aufladen soll, ist bereits

erwähnt. In manchen Anlagen wird übrigens im Überladen des Guten zuviel getan. Dies bewirkt ein Aufquellen der Füllmasse in den negativen Platten und ist ausserdem eine unnütze Stromvergeudung.

Bezüglich eingehenderer Vorschriften für die Behandlung der Akkumulatoren sei auf Salomons, »Handbuch über die Behandlung von Akkumulatoren«, deutsch von J. L. Huber, ferner Schenek, »Konstruktion und Wirkungsweise der Akkumulatoren«, auf die schon erwähnte Schrift der »Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft« in Hagen i. W. und endlich auf J. L. Huber, »Die Behandlung von Akkumulatoren«, Biel 1889, verwiesen.

Es werden ferner den Bestellern von Sammlerbatterien seitens der Fabriken meist ausführliche Anweisungen für den Gebrauch derselben dazugegeben. Was die Aufstellung und anfängliche Inbetriebsetzung einer Batterie betrifft, so lässt die liefernde Firma diese gewöhnlich durch ihre eigenen Monteure ausführen und die für die spätere Wartung bestimmte Person durch sie anlernen. Je nach den von dem Lieferanten übernommenen Garantien (vergl. **67**) finden seitens desselben auch später noch zeitweise Revisionen der Batterie statt.

III.

Die elektrischen Lampen.

77. Allgemeines. Die Vergleichung verschiedenartiger künstlicher Lichtquellen hat dazu geführt, einige Begriffe bestimmt festzusetzen und zu bezeichnen, mit Hilfe deren es erst möglich wurde, rationelle messende Vergleiche vorzunehmen, welche grosse praktische Bedeutung besitzen. Es sind die Begriffe Lichtstärke, Flächenhelle (Glanz) und Beleuchtung.

Man nennt Lichtstärke oder Intensität einer punktförmig gedachten Lichtquelle die durch ein bestimmtes Mass ausgedrückte Lichtmenge, welche dieselbe in einer Richtung aussendet. (Unter dem nicht klar definierten Begriffe einer Lichtmenge kann man sich z. B. eine Anzahl einzelner Lichtstrahlen vorstellen.) So ist die Lichtstärke einer gewöhnlichen Gasflamme grösser als die einer Stearinkerze, die Lichtstärke einer grossen Petroleumlampe grösser als die einer kleinen, die Lichtstärke einer Glühlampe der gebräuchlichen Art kleiner als die einer Bogenlampe u. s. f.

Ein exaktes Mass für die Lichtstärke gibt es nicht, da man ja über die Anzahl der Lichtstrahlen, welche von irgend einer Lichtquelle ausgehen, keinen bestimmten Anhalt hat und auch sonst für die Intensität des Lichtes keine wissenschaftlich definierte Masseinheit besitzt. Statt dessen pflegt man die Lichtstärke einer bestimmten Lichtquelle willkürlich als Einheit anzunehmen. Solcher willkürlich gewählter Lichteinheiten gibt es eine ganze Anzahl, die sogen. Normalkerzen und Normalbrenner. Von diesen ist seit einigen Jahren das sogen. Hefnerlicht als praktische Lichteinheit allgemein angenommen. Es stellt sich dar als die in horizontaler Richtung gemessene Lichtstärke einer kleinen Lampe aus Metall von bestimmten Abmessungen, die nach Art einer Spirituslampe eingerichtet und mit Amylacetat (einer aromatisch riechenden Flüssigkeit) gefüllt ist, bei einer Flammenhöhe von 40 *mm*. Ein an der Lampe angebrachtes Visiermass gestattet, mit Hilfe einer Dochtschraube die richtige Flammenhöhe beim jedesmaligen Gebrauche herzustellen.

Das Verhältnis der Lichtstärke der (von v. Hefner-Alteneck konstruierten) Hefnerlampe zu den der beiden vorher am meisten

gebrauchten »Normalkerzen«, nämlich der englischen Wallrath-Normalkerze bei 45 *mm* Flammenhöhe und zu der der deutschen Vereins-Paraffinkerze bei 50 *mm* Flammenhöhe ist aus der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 35.

	Lichtstärke ausgedrückt in		
	Hefnerlicht	Englische Wallrathkerze	Deutsche Paraffinkerze
Hefnerlicht	1,00	0,88	0,83
Englische Wallrathkerze	1,14	1,00	0,95
Deutsche Paraffinkerze .	1,20	1,05	1,00

Die später folgenden Angaben über Lichtstärken elektrischer Lampen sind sämtlich in Hefner-Einheiten ausgedrückt. Doch ist, von dem langjährigen Gebrauche der sogen. Normalkerzen her, der Ausdruck »Kerzenstärke« oder einfach »Kerze« für die Einheit der Lichtstärke so eingebürgert, dass man auch heute noch Lichtstärken in »Kerzen« angibt, darunter jedoch Hefner-Einheiten versteht.

Lichtquellen von gleicher Lichtstärke können sich durch die Flächenhelle oder den Glanz ihrer leuchtenden Teile unterscheiden. Misst man bei einem Petroleum-Flachbrenner und einem Gas-Schnittbrenner von derselben Lichtstärke die leuchtende Fläche, so ergibt sich diese beim Gasbrenner kleiner als bei der Petroleumlampe. Die Gasflamme besitzt stärkeren Glanz, d. h. sie gibt pro Flächeneinheit der Flamme mehr Licht aus. Man versteht unter der Flächenhelle oder dem Glanze einer Lichtquelle die von der Flächeneinheit derselben (und zwar von 1 *qcm*) in der senkrecht zur Fläche stehenden Richtung ausgesandte, in Lichteinheiten gemessene Lichtmenge. Die Flächenhelle hängt ab von der Art der Lichtquelle. Sie ist z. B. bei einer grossen und einer kleinen Petroleumlampe ungefähr dieselbe, bei einer Glühlampe dagegen grösser als bei einem Petroleumbrenner, beim Bogenlicht grösser als bei einer Glühlampe, beim Gasglühlicht grösser als bei der offenen Gasflamme u. s. f. Massgebend für die Helligkeit ist in erster Linie die Temperatur des leuchtenden Teiles. Man findet, dass Lichtquellen von grösserer Flächenhelle heisser sind als weniger glänzende. Ferner wird sie beeinflusst durch die Beschaffenheit der Oberfläche der leuchtenden Teile, von welcher deren Licht-Emissionsvermögen bei gleicher Temperatur abhängt.

Mit der Temperatur ändert sich ausser der Helle aber auch die Farbe des Lichtes. Lässt man das weisseste Licht, welches wir kennen, das der Sonne, durch ein Glasprisma fallen, so findet man bekanntlich, dass dasselbe eine Mischung verschiedener Lichtarten ist, die wir als rot, orange, gelb, grün, blau und violett bezeichnen.

In dem Lichte künstlicher Lichtquellen finden sich dieselben Lichtarten wieder, jedoch nicht in demselben Verhältnis gemischt wie beim Sonnenlichte. So wiegen bei dem Lichte einer Petroleumlampe die roten und gelben Strahlen stark vor, während nur wenig blaues und violettes Licht vorhanden ist. Wir finden, dass, je glänzender bezw. heisser eine Lichtquelle ist, desto mehr blaue und violette Strahlen bei ihr vorkommen, dass sich also die Zusammensetzung ihres Lichtes desto mehr der des Sonnenlichtes nähert. Von dem letzteren weicht am wenigsten ab die Zusammensetzung des Bogenlichtes, am meisten die von Lichtquellen, welche schon dem Auge durch ihre rötliche Farbe auffallen, z. B. der Flamme eines Kienspahnes oder einer Wachskerze.

Von der Flächenhelle einer Lichtquelle hängt deren physiologische Wirkung auf das Auge ab, die wir als Blenden bezeichnen. Je glänzender eine Lichtquelle, desto mehr blendet sie das Auge. So vermag schon eine Glühlampe von weniger als einer Kerzenstärke eine stärkere Blendwirkung auszuüben, als ein Gas- oder Petroleumbrenner von Dutzenden von Kerzen.

Wir benutzen die künstlichen Lichtquellen, um Strassen, Innenräume, Gegenstände bei Nacht zu beleuchten. Die Beleuchtung eines Gegenstandes wird grösser, wenn man ihn näher an eine Lichtquelle heranbringt und wenn man die Lichtstärke der letzteren vermehrt. Die Beleuchtung ändert sich mit der Lichtstärke der Lichtquelle im selben Verhältnis wie diese, nimmt dagegen umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle ab. Eine und dieselbe Fläche ist also in 3 *m* Entfernung von der Lichtquelle 9 mal schwächer beleuchtet, als in 1 *m*. Steht einer ebenen Fläche eine Lichtquelle von einer Kerzenstärke (worunter, wie erwähnt, ein Hefnerlicht zu verstehen ist) in 1 *m* senkrechter Entfernung gegenüber, so erhält der Teil der Fläche, auf welchen das Licht senkrecht auffällt, die Beleuchtung Eins. Man nannte diese Einheit der Beleuchtung früher 1 Meterkerze. Jetzt hat sie, gemäss den unten folgenden Bestimmungen, die Bezeichnung 1 Lux erhalten. Man findet allgemein die Beleuchtungsstärke, welche der Teil einer Fläche, den die Lichtstrahlen senkrecht treffen, von einer Lichtquelle erhält, wenn man die in Lichteinheiten ausgedrückte Lichtstärke der letzteren dividiert durch das Quadrat der (in *m* gemessenen) Entfernung des betreffenden Flächenteiles von der Lichtquelle. Steht z. B. eine Strassenlaterne von 18 Kerzenstärken in 3,5 *m* Entfernung von einer Hauswand, so erhält die Stelle der letzteren, auf welche das Licht senkrecht auffällt, eine Beleuchtung von $\frac{18}{3,5^2} = 1,47$ Lux (Meterkerzen). Je schiefer das Licht eine

ebene Fläche trifft, desto geringer wird, bei gleich bleibendem Abstande von der Lichtquelle, die Beleuchtung der letzteren. Die geringste Beleuchtung, bei welcher das menschliche Auge ohne Schaden noch dauernd zu lesen vermag, ist etwa 10 Meterkerzen.

Wie hell eine leuchtende Fläche dem Auge erscheint, ist, abgesehen von der Beleuchtungsstärke, noch durch die Farbe und Beschaffenheit der Oberfläche bedingt. Am hellsten erscheinen stets weisse Flächen, aber auch bei solchen bemerken wir Unterschiede, die von Spuren beigemengter Farben sowie davon abhängen, ob die Oberfläche glatt oder mehr oder weniger rauh ist.

Auf Anregung von Blondel hat man in jüngster Zeit den Versuch gemacht, die verschiedenen Grössen, welche bei Lichtmessungen (in der sogen. Photometrie) in Betracht kommen, in eine Art wissenschaftlichen Systems zu bringen. Dieses ist äusserlich dem auf die Kraftlinientheorie aufgebauten System der magnetischen Grössen nachgebildet, ohne jedoch, wie letzteres, in einfacher Beziehung zu den Grundeinheiten der Länge, Masse und Zeit zu stehen.

Die Blondel'schen photometrischen Einheiten sind von dem internationalen Kongress der Elektrotechniker in Genf im August 1896 im Prinzip angenommen worden. Hierauf wurden sie von dem »Verbande deutscher Elektrotechniker« gemeinsam mit dem »Vereine deutscher Gas- und Wasserfachmänner« beraten und nach geringfügigen Änderungen für die deutsche Technik angenommen. In der letzteren Fassung sind sie der Vollständigkeit halber hier abgedruckt. Doch müssen wir an dieser Stelle darauf verzichten, auf die einzelnen Grössen, von denen übrigens mehrere kaum eine praktische Bedeutung besitzen, näher einzugehen. Ausführliches darüber findet sich: Elektrotechnische Zeitschr. 1897, S. 474 und 91; 1896, S. 754.

Photometrische Einheiten nach Blondel, in der vom »Verb. deutsch. El.« und vom »Verein deutsch. Gas- u. Wasser-Fachm.« angenommenen Fassung:

1. Die Einheit der Lichtstärke ist die Kerze; sie wird durch die horizontale Lichtstärke der Hefnerlampe dargestellt.

2. Für die photometrischen Grössen und Einheiten gibt die nachstehende Tabelle Namen und Zeichen:

Grösse		Einheit	
Name	Zeichen	Name	Zeichen
Lichtstärke . . .	J	Kerze (Hefnerkerze) .	HK
Lichtstrom . . .	$\Phi = J\omega = \frac{J}{r^2} S$	Lumen	Lm
Beleuchtung . . .	$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{J}{r^2}$	Lux (Meterkerze) . .	Lx
Flächenhelle . . .	$e = \frac{J}{s}$	Kerze auf 1 *qcm* . .	—
Lichtabgabe . . .	$Q = \Phi T$	Lumenstunde	—

Dabei bedeuten:

ω einen räumlichen Winkel.
S eine Fläche in *qm*, s eine Fläche in *qcm*; beide senkrecht zur Strahlenrichtung.
r eine Entfernung in *m*.
T eine Zeit in Stunden.

Die Bogenlampen.

78. Entstehung des Lichtbogens. Werden zwei Stifte aus hartgebrannter Kohle, welche mit den Polen einer Stromquelle von genügend hoher Spannung verbunden sind, in Berührung gebracht, so erhitzen sich die Kohlen an der Berührungsstelle bis zur Weissglut und strahlen ein so intensives Licht aus, wie es auf keine andere Weise erzeugt werden kann. Wenn man dann die wagrecht sich gegenüberstehenden Kohlenspitzen ein wenig von einander entfernt, so erlischt das Licht nicht, sondern nimmt noch an Helligkeit zu, während zwischen den Kohlen ein leuchtender, anscheinend gasförmiger, nach oben gekrümmter Bogen sich zeigt, der als Brücke für den Übergang der Elektricität dient. Untersuchungen haben ergeben, dass der Lichtbogen aus glühenden Gasen besteht, dass aber auch Kohleteilchen in demselben von der einen Spitze zur anderen übergehen. Wenn auch die grösste Lichtmenge nicht von dem Bogen, sondern von der mit dem positiven Pol der Stromquelle verbundenen Kohle ausgeht, so hat man doch, der Unterscheidung wegen, für das so erzeugte Licht die Bezeichnung Bogenlicht eingeführt.

Hält man, während der Strom zwischen den Kohlenspitzen übergeht, die letzteren fest, so vergrössert sich allmählich ihre Entfernung, da sie langsam abbrennen. Der Lichtbogen, der zu Anfang seine Stellung kaum änderte, fängt an unruhig zu werden, hin und her zu springen; ein zischendes Geräusch wird hörbar. Endlich, wenn der Abstand der Spitzen eine gewisse Grösse erreicht hat, verschwindet der Bogen plötzlich. Der Strom ist unterbrochen, die Kohlen werden dunkel und erkalten. Man muss sie für einen Augenblick in Berührung bringen, um das Licht aufs neue zu entzünden. Schiebt man die Kohlenstifte dagegen in dem Masse, wie sie abbrennen, von Zeit zu Zeit etwas zusammen, so können sie beliebig lange im Glühen erhalten werden.

79. Das Regulierwerk im allgemeinen. Eine Bogenlampe ist danach eine Einrichtung, bei welcher zwei Kohlenstifte, zwischen denen der Strom als Lichtbogen übergeht, selbsttätig nachgeschoben werden, sodass der Abstand der Kohlenspitzen ungefähr konstant bleibt. Das Nachschieben kann durch eine Wirkung des Stromes selbst oder auch durch einen Mechanismus geschehen, der durch den Strom von Zeit zu Zeit ausgelöst wird. Die Lampe muss ferner in dem Augenblicke, in welchem der Strom geschlossen wird, die Kohlen, wenn sie vorher in Berührung waren, etwas auseinanderziehen, um den Bogen zu bilden. Standen die Kohlen dagegen vor dem Brennen auseinander, so werden sie, sobald Strom gegeben

wird, zunächst durch den Nachschiebemechanismus zusammengeführt. Im Augenblicke der Berührung tritt die zuletzt genannte Vorrichtung in Tätigkeit und entfernt die Kohlen wieder etwas voneinander; dadurch wird der Bogen gebildet, und hiermit beginnt erst das regelmässige Brennen. Wir finden sonach bei jeder Bogenlampe eine Vorrichtung zum Bogenbilden und eine davon getrennte, event. auch teilweise damit zusammenhängende Einrichtung zum Nachschieben der Kohlen oder, wie es gewöhnlich heisst, zum Regulieren. Bei manchen Konstruktionen ist ausserdem noch Vorsorge getroffen, dass, sobald die Kohlen nahezu abgebrannt sind, die Lampe durch Kurzschliessen oder aber durch Öffnen des Stromes ausgeschaltet wird, um ein Schmelzen oder Verbrennen der Fassungen, in welchen die Kohlenstifte stecken, zu verhüten.

Man verwendet in den Bogenlampen runde Stäbe aus einer sehr harten, künstlich hergestellten Kohle.[1] Die beiden Kohlenstäbe stehen senkrecht übereinander, sodass die die beiden Spitzen verbindende, glühende Gasschicht ebenfalls vertikal in gerader Linie verläuft. Es kann also von einem eigentlichen Lichtbogen nicht mehr die Rede sein. Dennoch hat man den Namen beibehalten. Da das Licht fast immer vorwiegend nach unten geworfen werden soll, die positive Kohle aber am meisten leuchtet, so nimmt man diese als die obere. Da ausserdem in gleichen Zeiten von der positiven Kohle mehr als doppelt soviel verbrennt als von der negativen (das Verhältnis ist im Mittel etwa 5 : 2), so gibt man der ersteren entweder eine grössere Länge oder, wie es jetzt gewöhnlich geschieht, grösseren Querschnitt als der negativen. Infolge des Brennens höhlt sich der positive Stift in der Mitte kraterförmig aus, während der negative sich konisch zuspitzt. Um die Kraterbildung an der positiven Kohle zu erleichtern und zu befördern, nimmt man zu den positiven Stiften sogen. Dochtkohle, d. h. Kohle, die in der Mitte einen Kern oder Docht aus einem weicheren, leichter abbrennenden Kohlenmaterial, dem noch gewisse andere Substanzen zugesetzt sind, besitzt. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, dass es für ein gleichmässiges, ruhiges Licht am vorteilhaftesten ist, wenn der Lichtbogen sich genau in der Richtung der Achse der Kohlen, bezw. symmetrisch um sie herum befindet und nicht auf einer Seite derselben. Im letzteren Falle pflegt er häufig seine Stellung zu wechseln, zu »wandern«, was leicht Änderungen in der Lichtstärke nach einer und derselben Richtung zur Folge hat. Je vollkommener nun an der positiven Spitze der Krater, und zwar in der Mitte des Kohlenendes, ausge-

---

[1]) Über die Fabrikation u. Prüfung der Bogenlichtkohlen vergl. Härdén, ETZ 1901, S. 320.

bildet ist, desto sicherer wird der Bogen verhindert, nach dem Rande zu springen. Die negativen Kohlen besitzen keinen Docht und werden deshalb gewöhnlich Homogenkohlen genannt.

Beim Brennen der Lampe schiebt die Reguliervorrichtung, welcher Art sie auch sei, die obere Kohle von Zeit zu Zeit etwas nach unten, sodass die Bogenlänge ungefähr dieselbe bleibt. Bei vielen Lampen wird gleichzeitig die untere Kohle um ebensoviel gehoben. In diesem Falle bleibt der Lichtpunkt stets in der nämlichen Höhe, was jedoch nicht unbedingt erforderlich ist. Geschieht das Nachschieben der Kohlen (das Regulieren) in Zeiträumen von einer bis mehreren Minuten, so ist dasselbe jedesmal von einer merklichen Änderung der Lichtstärke, also einem Zucken des Lichtes begleitet. Der Mechanismus der meisten neueren Lampen ist deswegen so eingerichtet, dass sie weit häufiger (3—6 mal und öfter in der Minute) regulieren, wodurch ein sehr ruhiges Licht erzielt wird. Es können jedoch auch Zuckungen vorkommen, die nicht vom Regulieren der Lampe, sondern von schlechter Beschaffenheit der Kohlen herrühren. Es springen dabei gewöhnlich kleine Kohlenteile in Form von Funken ab. Durch das Bestreben, möglichst billige Kohlen zu liefern, wird hie und da solches minderwertige Material in den Handel gebracht, bei dessen Verwendung auch die bestregulierende Bogenlampe nicht gleichmässig brennen kann.

80. Elektrische Grössen und Lichtstärke beim Bogenlicht. Die Spannung an den Klemmen einer Bogenlampe ist bei den verschiedenen Lampenkonstruktionen und den verschiedenen Grössen, in denen die einzelnen Formen ausgeführt werden, nicht sehr verschieden. Um zwischen zwei Kohlenspitzen ein Bogenlicht zu erzeugen, das zur Beleuchtung praktisch verwertbar sein soll, muss zwischen den Spitzen eine Spannung von mindestens etwa 32 Volt zur Verfügung stehen. Die Spannung steigt ausserdem mit der Länge des Lichtbogens und nimmt, bei einer und derselben Bogenlänge, mit zunehmender Stromstärke bis zu einem Minimum ab, dann wieder etwas zu. Wegen des Widerstandes der Kohlenstifte und der zur Lampe gehörigen Drahtspulen (soweit dieselben im Hauptstrome liegen) ist die Spannung an den Klemmen der Lampe etwas grösser als diejenige zwischen den Spitzen der Kohlen. Sie liegt bei allen Bogenlampen gewöhnlicher Art, welchen Bau und welche Grösse sie auch besitzen mögen, zwischen 33 und 55 Volt und steigt, eine und dieselbe Konstruktion vorausgesetzt, ungefähr mit der Lichtstärke, für welche die Lampe gebaut ist. Aus Gründen, die später erläutert werden sollen, lässt man nämlich die Bogenlampen mit um so grösserer Bogenlänge brennen, für eine je höhere Lichtstärke (Stromstärke) sie gebaut sind. Die Länge des Lichtbogens, gemessen

zwischen den einander am nächsten stehenden Teilen der Kohlenspitzen, beträgt gewöhnlich: bei Lampen für 4 bis 6 Ampère etwa 0,5 bis 2 *mm*, bei Lampen für 10 bis 12 Ampère etwa 2,5 bis 4 *mm*.

Der Widerstand einer brennenden Bogenlampe ergibt sich durch Division der Spannung durch die Stromstärke. Indessen findet man so, nach der landläufigen Anschauung, nur den scheinbaren Widerstand, da man gewöhnlich annimmt, dass der Lichtbogen der Sitz einer elektromotorischen Gegenkraft (von etwa 30 Volt) sei, aus welcher sich die hohe Spannung zwischen den Kohlen erkläre, während der wirkliche Widerstand des Bogens nur eine mässige Grösse habe.[1]) Danach lägen die Verhältnisse beim Bogenlicht ähnlich wie beim Laden von Akkumulatoren, wo man es auch mit einer erheblichen elektromotorischen Gegenkraft und kleinem Widerstande zu tun hat. Eine andere Anschauung verneint das Vorhandensein einer EMK im Lichtbogen und nimmt dagegen einen hohen Übergangswiderstand an, der zwischen den glühenden Kohlenspitzen und dem Bogen statthabe.[2]) Ob nun die eine oder die andere Ansicht zutrifft, ist für die Praxis weniger wichtig, da man nur mit dem aus Spannung und Strom sich ergebenden scheinbaren Widerstande zu rechnen hat.

Die Leuchtkraft des Bogenlichtes ist die Folge der starken Erhitzung der Kohlenspitzen. Letztere wird bewirkt durch die Umwandlung einer verhältnismässig grossen Menge elektrischer Arbeit auf kleinem Raume in Wärme. Die umgesetzte elektrische Arbeitsmenge ist gegeben durch das Produkt: Spannungsdifferenz an den Kohlenenden mal Stromstärke. Da nun die Spannung bei Lampen für grosse und für kleine Lichtstärke nicht sehr viel verschieden ist, so ist die Lichtstärke eines Bogenlichtes wesentlich durch die Stromstärke bedingt, die zwischen den Kohlen übergeht. Die Leuchtkraft steigt jedoch nicht proportional dem Strome, sondern rascher als dieser, vorausgesetzt, dass man den Querschnitt der Kohlenstäbe der Stromstärke anpasst, sodass auf 1 Ampère stets etwa dieselbe Anzahl Quadratmillimeter Kohlenquerschnitt kommt. Die Abkühlung durch die umgebende Luft u. s. w. ist bei dünnen Kohlen verhältnismässig grösser als bei dickeren, sodass bei den letzteren die Temperatur an den Spitzen und im Lichtbogen höher steigt. Bei höherer Temperatur wird aber die Lichtmenge, welche man für jede in 1 Sekunde erzeugte Wärmeeinheit, bezw. für jedes

---

[1]) Vergl. hierüber: F. Blanc, Zeitschr. für Elektrotechnik und Elektrochemie, 1894, S. 39. — Ferner: V. v. Lang, Wied. Annalen, Bd. 26, S. 145, 1885. — Arons, Wied. Annalen, Bd. 30, S. 95, 1887.

[2]) Vergl. Lecher, Wied. Annalen 1888. — Stenger, Wied. Annalen, Bd. 45, S. 33, 1892. — Bermbach, ETZ 1901, S. 439.

aufgewandte Watt, erhält, immer grösser. Auch dürfte die Leitungsfähigkeit des Lichtbogens mit zunehmender Temperatur etwas steigen. Die Stromstärken der am meisten verwendeten Lampengrössen, wie sie zur Beleuchtung von kleinen und grösseren Innenräumen, Hallen, Strassen und Plätzen dienen, liegen zwischen 2 und 20 Ampère. Indessen finden für besondere Zwecke stärkere Bogenlichter, bis zu 150 Ampère, Verwendung.

81. Lichtstärke des Bogenlichtes nach verschiedenen Richtungen.[1] **Ökonomie.** Die Lichtstärke eines und desselben durch gleichgerichteten Strom erzeugten Bogenlichtes ist, unter verschiedenen Winkeln mit der Horizontalen gemessen, sehr verschieden. Während die nach oben (über eine durch den Bogen gelegte Horizontalebene) geworfene Lichtmenge sehr gering, die Lichtstärke in der Horizontalen noch ziemlich klein ist, nimmt sie unterhalb der Horizontalen rasch zu und erreicht in dem zwischen 30 und 50° unter derselben gelegenen Winkelraume ihr Maximum. Noch weiter nach unten findet wieder eine rasche Abnahme statt, und in vertikaler Richtung kann, wegen des Schattens der Kohlenstifte, weder nach unten noch nach oben Licht fallen. Die Lichtstärke in der Horizontalen beträgt bei Bogenlampen von mittlerer Grösse (für 3 bis 8 Ampère) etwa $^1/_4$ bis $^1/_7$ von der in der günstigsten Richtung gemessenen. Bei der Projektierung von Beleuchtungsanlagen muss man mit der mittleren räumlichen Lichtstärke der Bogenlampen rechnen. Man kann dieselbe auf den ganzen Raum, d. h. von der Horizontalen 90° nach unten und nach oben gerechnet, oder zweckmässiger, da ja in den meisten Fällen Gegenstände beleuchtet werden sollen, die sich unterhalb der Lampe befinden, nur auf den Raum unterhalb der Horizontalen beziehen. Die mittlere räumliche Lichtstärke in dem unterhalb einer durch den Lichtbogen gelegten Horizontalebene befindlichen Raume beträgt ungefähr die Hälfte des in der günstigsten Richtung gefundenen Maximalwertes.

Für die am meisten gebrauchten Lampengrössen, von 4 bis 12 Ampère kann man als mittlere Lichtstärke für jedes Ampère etwa 70 Kerzenstärken rechnen. Diese Zahl trifft für 6 bis 8 Ampère ziemlich genau zu, ist für 3 bis 4 Ampère etwas zu gross, für 10 bis 12 Ampère etwas zu klein. Man erhält aus der mit Hilfe der Ampèrezahl berechneten, mittleren Lichtstärke den ungefähren maximalen Wert (bei 35 bis 45°) durch Multiplizieren mit 2, die ungefähre Lichtstärke in horizontaler Richtung durch Division mit 3 bis 4.

---

[1]) Vergl. u. a.: Uppenborn, Centralbl. f. Elektr. 1888, S. 102; 1889, II., S. 73. — Wedding, Elektr. Zeitschr. 1889, S. 337; 1893, S. 310. — Heim, benda, S. 196.

Aus der folgenden Tabelle kann die ungefähre mittlere räumliche Lichtstärke des offen brennenden Bogenlichtes unterhalb der Horizontalen für die am häufigsten verwendeten Stromstärken entnommen werden.

Tabelle 36.

	Stromstärke in Ampère									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Ungefähre mittlere räumliche Lichtstärke in Hefner-Einheiten	70	130	200	300	380	480	570	650	800	1100

Nimmt man die Klemmenspannung einer Lampe von 4 Ampère zu 35 Volt, diejenige einer 12 Ampère-Lampe zu 45 Volt, die mittlere Spannung also mit 40 Volt an, die mittlere Lichtstärke zu 70 Kerzenstärken pro Ampère, so ergibt sich bezüglich der Ausnutzung der elektrischen Arbeit bei Beleuchtung mit offen brennendem Bogenlicht für Lampen von 4 bis 12 Ampère, im Mittel 1,75 Kerzenstärken für 1 Watt oder ein Aufwand von 0,57 Watt pro Kerzenstärke. Dieser günstige Wert wird indessen praktisch nicht erreicht, wegen verschiedener später zu erörternder Umstände. (Vergl. **84** und **101**).

82. Durchmesser der Bogenlichtkohlen. Der Durchmesser der Kohlen richtet sich zunächst nach der Stromstärke, mit welcher die Bogenlampe normal brennt. Bei gleichem Strome erhält man mit dünnen Kohlen eine gleichmässigere Lichtverteilung nach den verschiedenen Richtungen, während eine dickere untere Kohle nach unten und eine dickere obere Kohle nach oben mehr Schatten wirft als dünnere Stifte, sodass dann die grösste Lichtstärke auf einen engeren Winkelraum zusammengedrängt wird. Auch kommen, wenn der Lichtbogen zeitweise aus der zentrischen Lage in eine mehr seitliche rückt, bei dicken Kohlen grössere Unterschiede in der Lichtverteilung nach verschiedenen Seiten (bei einem und demselben Winkel zur Horizontalen) vor als bei dünneren. Dies ist auch der Grund, weshalb man bei grösseren Lampen die Bogenlänge, d. h. den Abstand der Kohlenspitzen, grösser nehmen muss als bei solchen für kleineren Strom, d. h. mit dünneren Stiften. Andrerseits werden dünne Kohlen, ganz abgesehen vom schnelleren Abbrennen, durch den gleichen Strom auf eine grössere Länge erhitzt als dickere. Dadurch wird die Wärmeabgabe an die umgebende Luft grösser, und es werden, wenn die Stifte schon zum Teile abgebrannt sind, die Metallfassungen, in welchen dieselben sitzen, stärker erhitzt, sodass sie anlaufen und der Kontakt mit den Kohlen sich verschlechtern kann.

Es werden heutzutage ziemlich allgemein für die obere Kohle dickere Stifte aus Dochtkohle, für die untere dünnere homogene

Stifte verwendet. Bei der letzteren kommt also auf 1 *qmm* des Querschnittes eine höhere Stromstärke als bei der oberen Kohle. Das Verhältnis der Querschnitte ist so gewählt, dass von beiden in gleichen Zeiten gleiche Längen abbrennen (vergl. **79**). Als mittlere Beanspruchung ergibt sich aus den Angaben mehrerer Fabriken: für die obere Kohle 20 bis 33, im Mittel etwa 28 *qmm* Querschnitt für jedes Ampère, für die untere Kohle 7 bis 15, im Mittel etwa 11 *qmm* pro Ampère. Diese Mittelwerte gelten bis etwa 10 Ampère. Nimmt man dieselben jedoch als allgemein gültig an, so ergeben sich für die verschiedenen Lampengrössen von 3 bis 20 Ampère die folgenden Kohlendurchmesser:

Tabelle 37.

Stromstärke Amp.	Durchmesser		Stromstärke Amp.	Durchmesser	
	Obere Kohle *mm*	Untere Kohle *mm*		Obere Kohle *mm*	Untere Kohle *mm*
2	8,5	5,3	9	18,0	11,2
3	10,4	6,5	10	18,9	11,9
4	12,0	7,5	11	19,8	12,4
5	13,4	8,4	12	20,7	13,0
6	14,5	9,2	14	22,3	14,0
7	15,8	9,9	16	23,9	15,0
8	17,0	10,6	20	26,7	16,7

Es sind jedoch nicht Kohlen von jedem der vorstehend genannten Durchmesser im Handel, sodass man genötigt ist, sich an die gängigen Grössen zu halten. Ausserdem pflegt man bei Bogenlampen für mehr als 10 Ampère die Kohlen stärker zu beanspruchen, als oben angegeben, sodass auf 1 Ampère weniger Quadratmillimeter des Kohlenquerschnittes kommen. Die folgende Tabelle enthält die für die verschiedenen Lampengrössen in der Praxis durchschnittlich gebräuchlichen Kohlendurchmesser.

Tabelle 38.

Stromstärke Amp.	Durchmesser		Stromstärke Amp.	Durchmesser	
	Obere Kohle *mm*	Untere Kohle *mm*		Obere Kohle *mm*	Untere Kohle *mm*
2	9	5	10	19	12
3	11	6	11	20	12
4	12	7	12	20	12
5	14	8	14	21	13
6	15	9	16	21	13
7	16	10	18	22	13
8	17	11	20	22	14
9	18	11	—	—	—

88. Brenndauer der Bogenlampen. Kohlen-Abbrand. Die Brenndauer einer Bogenlampe ist, bei gegebener Stromstärke, bedingt

durch die vorhandene Menge jeder der beiden Kohlen. Das Kohlengewicht steigt mit der Länge und dem Querschnitt jedes Kohlenstabes. Der Querschnitt muss aber in einem gewissen Verhältnis zur Stromstärke stehen. Man kann ihn bei gleichem Strome und gleicher Lichtbogenlänge nicht beliebig vergrössern, ohne dass der Schattenraum und die am Lichtbogen zu erhitzende Kohlenmenge zu gross wird. Sollen also Lampen für denselben Strom, aber für verschieden lange Brenndauer, gebaut werden, so ist die Länge der Kohlen zu verändern. Vergrösserung der maximalen Länge der Kohlenstäbe, welche in eine Lampe noch sollen eingesetzt werden können, bedingt aber auch eine grössere Länge der Lampe selbst, da für die Bewegung der die Stäbe tragenden Halter der nötige Spielraum vorhanden sein muss. Für Lampen, welche im Freien oder in hohen Räumen, wie Hallen, Sälen, aufgehängt werden sollen, ist diese Vergrösserung der Lampenlänge ohne Bedeutung. Bei Verwendung von Lampen in mässig hohen Innenräumen, wie Läden, Schaufenster, Restaurationen, kommt sie dagegen wesentlich in Betracht, da mit der Zunahme der maximalen Länge der Kohlen der Lichtpunkt immer tiefer unter den Aufhängepunkt herabrückt. Aus diesem Grunde sind Bogenlampen für kleinere Lichtstärken, die vorwiegend Innenräume von mässiger Grösse beleuchten sollen, gewöhnlich auch für geringere Brenndauer (5 bis 10 Stunden) gebaut, während man Lampen grösserer Leuchtkraft (für 10 bis 20 Ampère), welche dementsprechend hoch hängen sollen, meist auch für lange Brenndauer (10 bis 16 Stunden) einrichtet.

Der Abbrand der Kohlen ist wesentlich durch die Stromstärke und die Zeit bedingt. Doch ist auch die Kohlensorte von Einfluss und ohne Zweifel auch die Stromdichte, d. h. die Stromstärke bezogen auf die Einheit des Kohlenquerschnittes. Bei einem und demselben Kohlenmaterial muss die Kohlenmenge, welche pro Stunde und Ampère verbrennt, um so grösser sein, je mehr Ampère auf 1 *qcm* des Querschnittes kommen, da bei grösserer Stromdichte der Kohlenstift auf eine grössere Länge und stärker glühend wird als bei kleinerer.

Bei vier Nebenschlusslampen, welche dem Verfasser zur Untersuchung übergeben waren, bei denen die von den Verfertigern beigegebenen Kohlen jedoch verschiedenen Fabriken entstammten, wurde auch der Kohlenabbrand ermittelt, welcher bei längerem (mindestens 4 stündigem) Brennen stattfand. Die Beanspruchung des Kohlenquerschnittes war bei den einzelnen Lampen zum Teil sehr verschieden. Die folgende Tabelle enthält die bezüglichen Ergebnisse, bezogen auf 1 Ampère und 1 Stunde.

Tabelle 39.

Abbrand von Bogenlichtkohlen.

Bezeichnung der Lampe	Durchm. der Kohle		Querschnitt der Kohlen		Mittlere Stromstärke Amp.	Abbrand für 1 A und 1 Stunde in Kubikzentimetern	
	Positive Dochtkohle, obere, *mm*	Neg. Hom.-Kohle untere, *mm*	Positive *qmm*	Negative *qmm*		Positive	Negative
I	14,2	8,5	158	56,6	9,0	0,42	0,18
II	15,1	10,3	178	83	8,8	0,32	0,14
III	16,2	9,0	206	63,6	6,0	0,50	0,17
IV	13,0	9,0	133	63,6	5,3	0,46	0,19
					Mittelwerte	0,32	0,17

Es lässt sich aus den vorstehenden Zahlen ein bestimmter Einfluss der Stromdichte auf den Abbrand der Kohlen nicht mit Sicherheit erkennen, dagegen ein sehr erheblicher des Materials der Kohle, da die zu den einzelnen Lampen gehörigen Stifte verschiedener Herkunft waren. Als mit verschiedenen Stiften einer und derselben Sorte in mehreren Versuchen der Abbrand bei gleicher Stromstärke ermittelt wurde, ergab sich jedesmal fast genau derselbe Wert. Der Betrag des Kohlenverbrauches ist in Kubikzentimetern und nicht in Grammen oben angegeben, weil die Beleuchtungskohlen nicht nach ihrem Gewichte, sondern im wesentlichen nach dem Volumen (bezw. Querschnitt und Länge) verkauft werden.

Nimmt man die oben berechneten Mittelwerte von 0,42 *ccm* für 1 Ampère und 1 Stunde bei der positiven und 0,17 *ccm* bei der negativen Kohle als Norm an, so müsste man also, um die positive und negative Kohle bei gleicher Brenndauer gleich lang nehmen zu können, den Querschnitt der positiven Kohle 2,5 mal grösser wählen als den der negativen. Gerade dieses Verhältnis zeigen aber die Kohlen von den in Tabelle 37, S. 200 angegebenen Dimensionen. Unter der Voraussetzung, dass die Durchmesser der Kohlen für die verschiedenen Stromstärken nach dieser Tabelle gewählt werden und dass am Ende der normalen Brenndauer von jedem Kohlenstifte noch 45 *mm* übrig sein sollen, ergeben sich nun die für verschiedene Brenndauer erforderlichen (ganzen) Kohlenlängen (da von jeder Kohle stündlich etwa 15 *mm* abbrennen).[1]

Brenndauer Stunden	Kohlenlänge *mm*
5	120
8	165
10	195
12	225
15	270
20	345

[1]) Vergl. hierüber auch Fabius Henrion, ETZ 1898, S. 662.

Die Länge ist für jede der beiden Kohlen und, richtig gewählten Querschnitt vorausgesetzt, auch für jede Stromstärke (bis 10 Ampère) die gleiche. Da jedoch, wie erwähnt, die Kohlendurchmesser nicht genau nach Tabelle 37 genommen werden können und das Material der Kohlen einen recht erheblichen Einfluss auf den Abbrand hat (vergl. Tabelle 39, S. 202), so wird man stets am sichersten gehen, wenn man das zu verwendende Kohlenmaterial bei verschiedener Stromstärke und verschiedenem Querschnitte durch Brennen in Lampen praktisch prüft. Immerhin geben aber die Zahlen der Tabelle 37 bezw. 38 einen ersten Anhalt.

Der Abbrand der Kohlen wird wesentlich dadurch bewirkt, dass zu deren glühenden Enden der Sauerstoff der Luft ungehinderten Zutritt hat. Durch völligen oder teilweisen Abschluss der Kohlen von der Luft lässt sich daher der Verbrauch an Kohle mehr oder weniger vermindern. Annähernd vollständigen Luftabschluss findet man bei den später zu behandelnden sogenannten Dauerbrandlampen. Eine Verminderung des Luftzutrittes erzielt Hardtmuth mit seinem »Dauerbrenner« (ETZ 1894, S. 628). Dies ist im wesentlichen eine Hülse aus Speckstein, welche das Ende der positiven Kohle seitlich umgibt, sodass nicht wie sonst ein aufsteigender warmer Luftstrom an dieser vorbeistreicht und die Verbrennung befördert. Die genannte Hülse sitzt in einer Art Rahmen, welcher an einem Metallring befestigt ist, der seinerseits mittels dreier Platinklammern auf dem Ende der negativen Kohle ruht. In dem Masse, wie letztere verzehrt wird, sinkt die ganze Vorrichtung tiefer und behält dadurch ihre Stellung zum Lichtbogen bei. Durch den »Dauerbrenner« soll der Abbrand der positiven Kohle um etwa 65%, der der negativen um etwa 35% vermindert werden.

Dem gleichen Zwecke dient der unter **89** zu beschreibende sogenannte Sparer von Siemens & Halske.

84. Glasglocken. Um Luftzug, welcher Flackern des Lichtes verursachen, unter Umständen den Bogen auslöschen könnte, abzuhalten, sowie zum Auffangen abspringender Funken, ist man genötigt, jedes Bogenlicht mit einem Glasgehäuse zu umgeben. Man gibt demselben die Form einer Laterne, in den meisten Fällen die einer kugel- oder eiförmigen Glocke, welche, um beim Springen ein Herabfallen der Scherben zu verhüten, mit einem weitmaschigen Netz aus Draht umflochten wird. Nur in wenigen Fällen, wie bei der Beleuchtung von Rangierbahnhöfen, Fabrikhöfen u. dergl. wird die Glashülle aus durchsichtigem weissem Glase ausgeführt. Da das Bogenlicht das Auge ausserordentlich blendet und, weil fast nur von einem Punkte ausgehend, tiefe schwarze Schatten wirft, macht man die Glasglocke meist nur durchscheinend. Dadurch wird der Lichtpunkt zwischen den Kohlen dem Auge mehr oder weniger entzogen, und die Glasglocke erscheint als Ausgangspunkt des Lichtes, und zwar von diffusem, d. h. nach allen Richtungen strahlendem Lichte. Hierdurch wird aber, wegen der beträchtlichen Vergrösserung der leuchtenden Fläche, das Blenden gemildert und zugleich die Lichtverteilung nach den verschiedenen Richtungen erheblich gleichmässiger gemacht. Diese Vorteile werden um so vollkommener

erreicht, je weniger durchsichtig, bezw. je stärker mattiert das Glas ist. Allein in demselben Verhältnis steigt auch der Teil des Lichtes, welcher von der Glashülle verschluckt wird. Am wenigsten absorbieren Glocken aus dem fast durchsichtigen Opal- und Alabasterglas (15 bis 40 %), welches sogenanntes Überfangglas ist, am meisten solche aus Glas, dessen eine Seite mattiert ist, oder aus Milchglas (40 bis 60 %)[1]. Man ist deswegen von Anwendung dieser letzteren Glassorten ganz abgekommen. Die angegebenen Verlustzahlen sind erhalten durch Messung der Lichtstärke nach einzelnen bestimmten Richtungen, einmal ohne, dann mit Glasglocke. Da jedoch mit der Absorption gleichzeitig die zerstreuende Wirkung der Glocke zunimmt, so wird hierdurch die Lichtstärke gerade nach den ungünstigeren Richtungen erhöht, sodass der Verlust an mittlerer räumlicher Lichtstärke kleiner ausfällt als vorstehend angegeben.[2]

In neuerer Zeit verwendet man bei Bogenlampen für geringe Stromstärken auch kleine matte Glocken von nur 6 bis 7 *cm* Durchmesser. Diese umgeben nur den glühenden Teil der Kohlen. Die kleine Glocke samt den Kohlenstäben und deren Haltern ist öfter noch von einer grösseren Glocke aus durchsichtigem Glas umschlossen. Auch bei weissem, durchsichtigem Glase lässt sich das Blenden des Bogenlichtes verringern und die Lichtverteilung gleichmässiger machen, wenn man die Glashülle mit geeigneten Rippen und Vorsprüngen versieht, die durch Brechung das Licht zerstreuen. Der Lichtverlust ist in diesem Falle beträchtlich geringer als bei mattem Glase, kann jedoch immerhin (nach Guthrie & Reidhead) bis gegen 30 % betragen. Glocken dieser Art (globes holophanes) und Laternen mit ähnlich geformten Scheiben sind hier und da im Gebrauch. Man hat auch versucht, Bogenlichter mit einem Kranze von fächer- oder schaufelartig zu einander gestellten Streifen aus schwach mattiertem Glase zu umgeben. Zwischen den einzelnen Streifen befinden sich zwar offene Spalte, doch sind die Streifen in solchen Winkeln zu einander angeordnet, dass die direkten Strahlen die Umgebung nicht zu treffen vermögen. Vielmehr gelangt nur Licht nach aussen, das durch Glasstreifen hindurchgegangen oder von solchen reflektiert ist. Die Lichtverteilung nach den verschiedenen Richtungen wird dadurch viel gleichmässiger.

Da, wie früher erwähnt, Bogenlicht niemals offen brennend verwendet werden kann, so muss man beim Entwurfe von Beleuchtungen die unter **81** angegebenen Zahlen für die Lichtstärke um den Betrag der Absorption im Glase vermindern.

---

[1]) Vergl. hierüber die Messungen von Wedding, ETZ 1889, S. 237 ff. — Ebenda 1893, S. 310 ff. — Guthrie und Reidhead, ebenda 1894, S. 240.

[2]) Vergl. Nerz, ETZ 1894, S. 478.

85. Regulierung der Bogenlampen. Der Reguliermechanismus einer Bogenlampe, d. h. die Vorrichtung, welche das Nachschieben der Kohlen bewirkt, enthält als elektrischen Teil eine oder zwei Drahtspulen, die einen Eisenkern in sich hineinziehen, oder einen Elektromagnet, der einen Anker anzieht, während eine Feder denselben zurückzuziehen strebt. In jedem Falle bewirkt der Strom die Bewegung eines Teiles des Mechanismus, welche Bewegung entweder direkt oder durch Vermittelung rein mechanischer Zwischenglieder auf die Kohlenhalter übertragen wird, oder aber es löst der durch die Stromwirkung bewegte Teil eine selbsttätig funktionierende, mechanische Nachschubvorrichtung aus. Wie früher erwähnt, bedarf eine gewisse Klasse von Lampen ausserdem noch eines Elektromagnetes, um beim Schliessen des Stromes die Kohlen etwas auseinander zu ziehen und dadurch den Bogen zu bilden (vergl. **79**). Da letztgenannte Vorrichtung jedoch nur bei Beginn und am Ende des Brennens in Tätigkeit tritt, so kommt sie für die Regulierungsweise der Lampe nicht in Betracht.

Das Regulierwerk liegt bei allen Lampen, welche vorwiegend nach unten und seitlich Licht geben sollen, über den Kohlen, um in den genannten Richtungen keinen Schatten zu werfen, und ist zum Schutze gegen die Witterung, bezw. Staub in ein Gehäuse eingeschlossen. Bei Lampen mit Glasglocke hängt die letztere unterhalb des Werkgehäuses, dessen vorspringender Mantel die obere Glockenöffnung überdeckt. Die Glocke kann, behufs Einsetzens neuer Kohlen, um etwa den Betrag ihrer eigenen Höhe herabgelassen werden, in welcher Stellung sie durch Ketten oder auf andere Weise festgehalten wird.

86. Schaltung der Drahtspulen. Je nachdem die Regulierung bewirkt wird durch eine Spule (bezw. einen Elektromagnet), welche vom Hauptstrome durchflossen wird, oder durch eine Spule, welche einen Nebenschluss zum Lichtbogen bildet, oder aber durch zwei Spulen, von denen die eine im Hauptstrome, die andere im Nebenschlusse liegt, unterscheidet man drei Arten von Bogenlampen: Hauptstromlampen, Nebenschlusslampen und Differentiallampen.

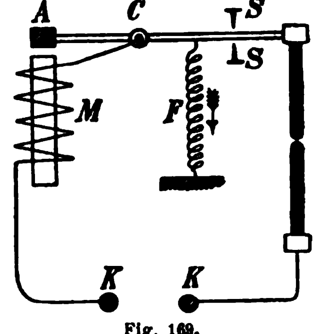


Fig. 169.

Die Wirkungsweise der Hauptstromlampe wird aus der schematischen Fig. 169 verständlich. Der Anker *A* des Elektromagnetes *M* sitzt am Ende eines um *C* drehbaren Hebels, auf welchen die Feder *F* im Sinne des Pfeiles wirkt. Die Bewegung des Hebels wird durch zwei Anschläge *SS* begrenzt. Die Zwischen-

teile, mittels deren das Spiel des Hebels zum Nähern und auch eventuell Entfernen der Kohlen verwendet wird, sind weggelassen. Die Anordnung ist vielmehr so gezeichnet, als ob die obere Kohle direkt am anderen Ende des Hebels hinge. *KK* sind die Klemmen, durch welche der Lampe der Strom zugeführt wird. Damit die auf den Anker *A* wirkende Kraft dem Zuge der Feder das Gleichgewicht halte, ist eine ganz bestimmte magnetisierende Kraft der Windungen, d. h. eine bestimmte Stromstärke, erforderlich. Ist diese infolge Abbrennens der Kohlen nicht mehr voll vorhanden, so überwiegt die Kraft der Feder und führt die Kohlenspitzen weiter zusammen. Damit sinkt der Widerstand des Lichtbogens, sodass die Stromstärke wieder ansteigt. Da aber die Windungen von demselben Strome durchflossen werden wie die Kohlen, so reguliert eine Hauptstromlampe auf konstante Stromstärke. Es ist möglich, eine derartige Lampe, welche bei einer bestimmten Stromstärke normal brennt, für eine andere Stromstärke »einzuregulieren«, wenn man die Spannung der Feder *F* sowie (mit Hilfe der Anschlagschrauben *S*) die Entfernung des Ankers *A* von den Elektromagnetpolen und den Spielraum des Ankers verändert.

Eine Hauptstromlampe brennt mit gleichmässiger Lichtstärke nur dann, wenn ein künstlicher Widerstand, sogenannter Beruhigungswiderstand, davor geschaltet wird, den der Lampenstrom mit durchfliesst. Da in demselben natürlich ein Spannungsverlust stattfindet, so muss die zur Verfügung stehende Spannung höher sein als diejenige, welcher die Lampe allein bedarf. Gewöhnlich beträgt bei Verwendung derartiger Lampen die Spannung des von der Maschine gelieferten Stromes etwa 65 Volt. Demnach muss der Beruhigungswiderstand für eine Lampe von 10 Ampère und 45 Volt $\frac{20}{10} = 2$ Ohm betragen, für eine 20 Ampère-Lampe, welche 48 Volt bedarf, dagegen $\frac{17}{20} = 0{,}85$ Ohm. In dem Vorschaltwiderstande wird eine gewisse Menge elektrischer Arbeit nutzlos in Wärme umgesetzt. Dieser Verlust beträgt z. B., wenn die Spannung in der Leitung 65 Volt ist, rund 30%, während nur 70% in der Lampe nutzbar verwendet werden. Indessen kann derselbe mit Rücksicht auf die (später nachzuweisenden) geringen Kosten der Bogenlichtbeleuchtung unschwer verschmerzt werden.

Es ist nicht möglich, zwei oder mehrere Hauptstromlampen hintereinander geschaltet zu brennen, da sich dieselben gegenseitig zu stark beeinflussen. Schaltet man z. B. zwei derartige Lampen in Reihe, und es führt in einem bestimmten Augenblicke die Reguliervorrichtung der einen die Kohlen näher zusammen, so steigt damit

die Stromstärke in beiden. Bei der zweiten Lampe wird aber in dem gleichen Augenblick im allgemeinen ein Regulieren nicht stattfinden. Da jedoch der Strom wächst, so zieht der Elektromagnet der zweiten Lampe die Kohlen etwas auseinander. Damit wächst der Widerstand des Bogens, der Strom nimmt etwas ab, sodass die Reguliervorrichtung der ersten Lampe wiederum in Tätigkeit tritt, deren Kohlen noch mehr nähert, damit den Strom wieder erhöht u. s. f. Das Spiel wiederholt sich, sodass die Bogenlänge bei der ersten Lampe immer kleiner, bei der zweiten grösser, die Lichtstärke der beiden also ungleich und das Arbeiten der Regulierung schlecht wird. Hauptstromlampen eignen sich deswegen nur für Parallelschaltung, da bei dieser jede Lampe von den übrigen unabhängig ist. In den gewöhnlichen Beleuchtungsanlagen findet man jedoch heutzutage nur selten Hauptstromlampen. Diese wurden früher zuweilen für starke Einzellichter (zu Projektionszwecken, in der Marine u. s. w.) verwendet.

Die Nebenschlusslampe ist die zur Zeit wohl am meisten benutzte Bogenlampe. Die Wickelung des Elektromagnetes (bezw. Solenoides) derselben liegt im Nebenschluss zum Lichtbogen, wie Fig. 170 zeigt. Sie besteht aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes, deren Widerstand zur Folge hat, dass nur ein kleiner Teil des den Klemmen der Lampe zugeführten Hauptstromes den Nebenschluss durchfliesst. Trotzdem kann die magnetisierende Kraft der Wickelung (ausgedrückt durch die Ampèrewindungen, vergl. **13**) wegen der grossen Zahl der Windungen dieselbe sein wie bei der Hauptstromlampe. Ist die Zahl der Windungen z. B. 3500, der Widerstand derselben 120 Ohm, so beträgt, wenn zwischen den Kohlen 40 Volt Spannung besteht, der Strom in den Windungen 0,33 Ampère; der Betrag der Ampèrewindungen ist also 1050. Wäre dieselbe Lampe dagegen als Hauptstromlampe von 10 Ampère gebaut, so würde etwa die gleiche magnetisierende Kraft durch $\frac{1050}{10} = 105$ Windungen hervorgebracht. Fig. 170 lässt die Wirkungsweise der Nebenschlusslampe erkennen und ist in derselben schematischen Weise wie Fig. 169 ausgeführt; die Buchstaben haben die gleiche Bedeutung wie dort. Wenn durch Abbrand der Kohlen die Länge des Lichtbogens wächst, so nimmt damit die Spannung zwischen den Kohlen zu. Durch diese ist aber nach dem Ohm'schen Gesetz die Stromstärke in den

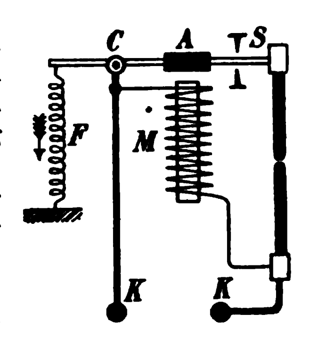


Fig. 170.

Windungen bedingt. Die magnetisierende Kraft der letzteren wird also mit der Länge des Lichtbogens grösser. Die Einwirkung der Drahtspule auf den Reguliermechanismus ist nun so angeordnet, dass eine Zunahme der Stromstärke in den Windungen ein Zusammenführen der Kohlen zur Folge hat. In Fig. 170 ist dies durch Anbringen des Elektromagnetes rechts vom Drehpunkte des Hebels angedeutet, während die Feder links davon liegt. Feder und Magnet haben also im Vergleich mit Fig. 169 ihre Rollen getauscht. Da die zum Funktionieren der Regulierung (d. h. zum Überwinden der Gegenkraft der Feder) erforderliche Stromstärke in den Windungen lediglich von der Spannung zwischen den Kohlen abhängt, so reguliert eine Nebenschlusslampe auf konstante Spannung.

Soll der Betrag der Spannung, bei welcher die Lampe normal brennt, verändert werden, so geschieht dies, wie bei der Hauptstromlampe, durch Verändern der Federspannung und des Ankerabstandes.

Um beim Schliessen des Stromes die Kohlen behufs Bildung des Lichtbogens etwas auseinander zu ziehen, enthalten viele Nebenschlusslampen noch einen zweiten Elektromagnet, der häufig vom Hauptstrome erregt wird, also eine dickdrähtige Wickelung besitzen muss. Dieser zieht, unter Überwindung einer durch eine Feder oder die Schwere gebildeten Gegenkraft, seinen Anker an und damit die Kohlen auseinander, sobald die Stromstärke einen gewissen, niedrig genug bemessenen Betrag erreicht, und hält den Anker während der ganzen Brenndauer der Lampe fest. Er ist also an der Regulierung nicht beteiligt. Waren die Kohlen beim Zuschalten des Stromes schon auseinander gezogen, so kann sich kein Bogen bilden. Da jedoch der Stromkreis der Nebenschlussspule geschlossen ist, so arbeitet die Regulierung so lange, bis sie die Kohlen zur Berührung gebracht hat. In diesem Augenblicke erhalten die Windungen des Bogenbilders genügend hohen Strom, um das Wiederentfernen der Kohlenspitzen und damit das normale Anbrennen der Lampe zu bewirken. Bei manchen Lampenkonstruktionen ist durch sinnreiche Einrichtung des mechanischen Teiles der besondere Elektromagnet zum Bogenbilden ganz entbehrlich gemacht. Auch existieren Formen, bei welchen die Wickelung des Bogenbilders ebenfalls im Nebenschluss zu den Kohlen liegt.

Auch die Nebenschlusslampe bedarf zum ruhigen Brennen eines Vorschaltwiderstandes, dessen Grösse sich nach der verfügbaren Spannung und der Stromstärke richtet, mit welcher die Lampe brennen soll. Die Lampe ist gleichfalls am besten zur Parallelschaltung geeignet. Indessen gelingt es, falls genügende Spannung zur Verfügung steht, zwei, drei, vier Lampen hintereinander zu

brennen; doch muss auch in diesem Falle stets ein genügend grosser Beruhigungswiderstand vorhanden sein. Sollen zwei Nebenschlusslampen in Serie geschaltet werden, so müssen etwa 110 Volt zur Verfügung stehen. Rechnet man nun pro Lampe z. B. 42 Volt, so ist der künstliche Widerstand so zu bemessen, dass er bei dem normalen Lampenstrome 26 Volt verzehrt. Man trifft diese Anordnung sehr häufig da, wo Bogenlampen mit Glühlampen in einer Anlage zusammen brennen sollen und für die letzteren eine Spannung von etwa 110 Volt vorgesehen ist. Bei Verwendung von nur je einer Bogenlampe würde der in dem Vorschaltwiderstand statthabende nutzlose Verlust an elektrischer Arbeit einen zu hohen Betrag erreichen.[1])

Ein ruhiges Licht erzielt man bei zwei oder mehr hintereinander geschalteten Nebenschlusslampen nur, wenn man dieselben auf kleine Bogenlänge reguliert hat (bei Sechs-Ampère-Lampen z. B. auf etwa 1 *mm*). Die Lampen einer Serie können natürlich nur gleichzeitig brennen und gleichzeitig ausgelöscht werden.

Da die Nebenschlusslampe auf konstante Spannung reguliert, so brennt sie nicht nur bei einer ganz bestimmten Stromstärke gut. Sie lässt vielmehr, da die Spannung zwischen den Kohlen sich mit der Stromstärke nur wenig ändert, eine nicht unerhebliche Veränderung des Stromes und damit der Lichtstärke zu. Man hat zu diesem Zwecke nur nötig, den Vorschaltwiderstand entsprechend zu verändern. Es ändert sich dabei nur die Länge des Lichtbogens etwas, und zwar wird dieselbe bei zunehmendem Strome grösser, bei abnehmendem kleiner (vergl. **80**). Ausserdem muss die Wickelung des bogenbildenden Elektromagnetes, falls ein solcher vorhanden, dick genug sein, um auch die grösste gewünschte Stromstärke auszuhalten und muss ferner bei dem kleinsten Strome, mit welchem die Lampe brennen soll, noch genügend Ampèrewindungen besitzen.

Die Differentiallampe besitzt zwei Drahtspulen, von denen die eine vom Hauptstrome durchflossen wird, während die andere einen Nebenschluss zu den Kohlen (oder auch zu den Klemmen der Lampe) bildet. Die erstere besteht aus einer mässigen Anzahl Windungen eines dickeren, die letztere aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes. Jede von beiden ist bestrebt, einen Eisenkern in sich hineinzuziehen, und zwar kann dies ein und derselbe Kern oder aber zwei getrennte Kerne sein. Jedenfalls aber ist die Wirkung der beiden Spulen auf die Kohlen eine entgegengesetzte: Die Hauptstromspule zieht dieselben auseinander, während die Nebenschluss-

[1]) Wie man bei Verwendung von Bogenlampen mit dicht abgeschlossenem Lichtbogen auch einzelne Lampen parallel mit Glühlampen bei 110 Volt ohne grösseren Stromverlust brennen kann, soll später bei Beschreibung der Jandus-Lampe gezeigt werden.

spule sie zusammenführt. Die Kraft, durch welche die Regulierung des Lichtbogens bewirkt wird, ist also die Differenz der von den beiden Spulen ausgeübten Kräfte. Fig. 171 erläutert die Wirkungsweise der Lampe. *H* und *N* sind die Hauptstrom- und die Nebenschlussspule, welche sich z. B., wie in der Abbildung, vertikal übereinander befinden. Sie beeinflussen einen und denselben Eisenkern *E*, der am einen Ende eines zweiarmigen Hebels sitzt. Der andere Arm des letzteren wirkt, durch Vermittelung einer geeigneten mechanischen Vorrichtung, auf den oberen Kohlenhalter, sodass sich dieser zugleich mit ihm senkt und unter gewissen Umständen auch hebt.

Bei stromloser Lampe sind die Kohlen in Berührung. Wird Strom gegeben, so zieht die Hauptspule den Eisenkern nach unten, und der Bogen wird gebildet. Damit sinkt die Stromstärke, während die Spannung zwischen den Kohlen steigt, sodass die anziehende Wirkung von *H* abnimmt, die von *N* wächst. Sobald sich beide das Gleichgewicht halten, bleibt die Bogenlänge zunächst konstant. Wenn dieselbe aber infolge Abbrennens der Kohlen grösser wird und damit die Spannung steigt, überwiegt die Wirkung von *N*, hebt den Eisenkern etwas und bewirkt so durch Senken des rechten Hebelarmes ein Sinken des oberen Kohlenhalters. Dies kann z. B. so geschehen, dass der obere Kohlenhalter an einer Zahnstange sitzt und vermittels derselben durch sein Gewicht ein Zahnrad zu drehen bestrebt ist. Letzteres wird aber gewöhnlich durch eine Sperrklinke gehemmt, die nur beim Sinken des rechten Hebelarmes für einen Augenblick ausgehoben wird und so dem Kohlenhalter eine kleine Bewegung nach abwärts gestattet. Der Eisenkern *E* bleibt an seiner Stelle zwischen beiden Spulen in der Schwebe, wenn die entgegengesetzten Wirkungen derselben auf ihn sich das Gleichgewicht halten. Dies ist aber nicht nur bei einer bestimmten Stromstärke in jeder der beiden Spulen der Fall, sondern kann auch erfüllt bleiben, wenn beide Ströme sich ändern, falls nur die Änderung für beide in demselben Verhältnis geschieht. Da nun der Strom in der Hauptspule mit dem Lampenstrome wächst und abnimmt, die Stromstärke in der Nebenschlussspule sich dagegen proportional der Spannung an den Kohlen ändert, so reguliert die Differentiallampe auf konstantes Verhältnis zwischen Spannung und Stromstärke

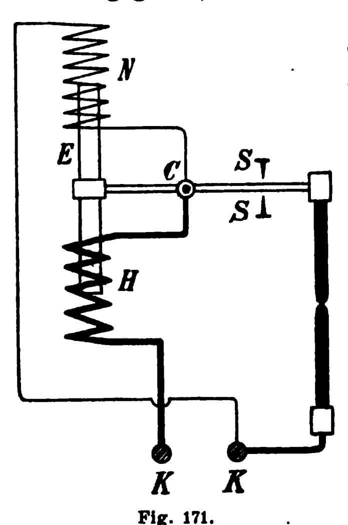


Fig. 171.

oder, was dasselbe heisst, auf konstanten (scheinbaren) Widerstand (vergl. **80**). Im Falle also die Spannung in den Zuführungsleitungen erhöht wird, wächst auch der Lampenstrom und mit ihm die Lichtstärke, während die Lampe regelmässig weiter brennt. Um das Verhältnis zwischen Spannung und Strom, welches die Reguliervorrichtung konstant hält, zu verändern, die Lampe, wie man sagt, anders einzuregulieren, hat man bei der in Fig. 171 angenommenen Anordnung nur eine der beiden Spulen in vertikaler Richtung zu verschieben und damit ihre Einwirkung auf den Eisenkern zu vergrössern bezw. zu schwächen.

Die Differentiallampe eignet sich besonders gut zur Hintereinanderschaltung. Sie ist die einzige Lampe, welche es ermöglicht, eine grössere Anzahl Bogenlichter in einem Stromkreise hintereinander zu brennen. Solange die Spannung des diesen Kreis speisenden Maschinenstromes sich nicht ändert, bleibt, da jede Lampe ihren scheinbaren Widerstand konstant hält, die Stromstärke in allen dieselbe. Reguliert eine Lampe, so können dadurch die übrigen nur wenig beeinflusst werden. Wenn in einer von den in Serie geschalteten Lampen die Kohlen nahezu abgebrannt sind, so schaltet sich diese durch eine einfache Vorrichtung selbsttätig aus dem Stromkreise aus, indem sie sich kurz schliesst, d. h. zwischen den Klemmen KK eine widerstandslose metallische Verbindung herstellt. Auch die willkürliche Ausschaltung einer Lampe von Hand muss bei Serienschaltung mittels Kurzschliessens geschehen. Soll dabei der Strom in den übrigen sich nicht ändern, so hat man einen Ersatzwiderstand (gleich dem scheinbaren Widerstand der Lampe) für dieselbe einzuschalten oder die Maschinenspannung um den für eine Lampe erforderlichen Betrag zu erniedrigen.

Die Differentiallampe ist ohne weiteres auch zur Parallelschaltung verwendbar. In diesem Falle muss dann die selbsttätige Kurzschlussvorrichtung wegbleiben bezw. durch eine solche zum Unterbrechen des Stromes ersetzt werden. Da die Differentiallampe auf konstanten scheinbaren Widerstand reguliert, so bedarf sie bei Hintereinanderschaltung zahlreicher Lampen keines, und selbst wenn sie nur zu zweien in Serie oder gar allein brennt, nur eines kleinen Beruhigungswiderstandes. Hierauf gründet sich die sogen. Dreischaltung von Bogenlampen in Anlagen von ca. 110 Volt Betriebsspannung, bei welcher 3 Differentiallampen hintereinander ohne Vorschaltwiderstand brennen, sodass keine Energievergeudung stattfindet. In diesem Falle ist jedoch ein sogen. Anlasswiderstand erforderlich, der beim Entzünden der Lampen vor diese geschaltet wird, um die sonst zu hohe anfängliche Stromstärke herabzumindern. Sobald die Lampen sich eingebrannt haben, wird er in einigen Stufen wieder ausgeschaltet.

Es ist ferner oft von Nutzen ein sogen. Minimalausschalter, d. h. ein Apparat, welcher den Stromkreis selbsttätig unterbricht, sobald die Stromstärke unter einen gewissen Betrag gesunken ist. Im vorliegenden Falle wird er z. B. angewendet, wenn Differentiallampen in Serien von 5 bis 6 parallel mit Glühlampen brennen. Er tritt in Tätigkeit, wenn das Regulierwerk einer der Lampen einer Serie versagt und dadurch deren Lichtbogen immer länger wird. Hierdurch wird verhindert, dass die Nebenschlussspule dieser Lampe beim schliesslichen Verlöschen der übrigen verbrennen kann.

87. Licht- und Stromschwankungen beim Regulieren. Bei jedem Zusammenschieben der Kohlen durch den Reguliermechanismus nimmt die Spannung zwischen denselben etwas ab, während die Stromstärke zunimmt. In dem Zeitraume bis zum nächsten Wirken der Regulierung wächst dann die Spannung wiederum und der Strom sinkt. Mit der Stromstärke steigt und fällt aber die Lichtstärke des Bogenlichtes. Während jedoch die Abnahme beider Grössen, von einer Regulierung bis zur nächsten, allmählich erfolgt, steigen sie im Augenblicke des Nachschiebens der Kohlen plötzlich an. Damit nun diese Zunahme der Lichtstärke nicht als ein Zucken des Lichtes deutlich wahrgenommen werde, darf sie nur einen kleinen Betrag haben. Dies heisst mit anderen Worten: Das Regulierwerk soll die Kohlen jedesmal nur um ein kleines Stück, dafür aber häufig nachschieben. Bei Versuchen, welche der Verfasser an Nebenschlusslampen anstellte, ergab sich, dass das Auge eine Änderung der Lichtstärke überhaupt nicht bemerkt, wenn das Regulieren der Lampe so häufig erfolgt, dass die jedesmalige Schwankung der Spannung im Mittel etwa 2 % beträgt, dass aber auch bei seltenerem Nachschieben bis zu einer Spannungsänderung von 5 bis 6 % die Lichtschwankung noch nicht als ein unangenehmes Zucken empfunden wird. Übrigens ist hierfür auch die Art, wie das Nachschieben der Kohlen sich vollzieht — ob mit einem Rucke oder aber allmählich, wenn auch nur kurze Zeit (z. B. 1 Sekunde) andauernd — von Einfluss, da das Auge plötzliche, wenn auch geringe Helligkeitsschwankungen leichter bemerkt als solche, die langsam verlaufen, selbst wenn die letzteren von grösserem Betrage sind.

Unter der Voraussetzung, dass die Stärke der Kohlen ungefähr nach den Angaben der Tabelle 38 gewählt ist, dass also bei jeder Stromstärke der Abbrand gleich schnell erfolgt, beträgt die praktisch vorkommende Zeitdauer von einem Regulieren bis zum nächsten 5 bis 40 Sekunden. Erst wenn der Nachschub der Kohlen noch seltener erfolgt, steigt die mittlere Spannungsschwankung über 5 bis 6 % und die Änderung der Lichtstärke wird jedesmal deutlich wahrgenommen. Die meisten Bogenlampen besitzen eine verstellbare Vorrichtung,

mittels deren sich das Regulierwerk auf häufigeres oder selteneres Nachschieben einstellen lässt.

Die mitgeteilten Zahlenwerte gelten für mässige Länge des Lichtbogens. Wird diese jedoch erheblich grösser genommen, als in **82** für verschiedene Stromstärken angegeben, so bleibt, wie dort erwähnt, der Lichtbogen nicht so ruhig an seiner Stelle, sondern wandert öfter. Hiermit sind aber nicht unerhebliche Änderungen des Stromes und der Spannung und damit auch der Lichtstärke verbunden, die sich unabhängig vom Arbeiten des Regulierwerkes vollziehen.

Es sei noch bemerkt, dass die beim jedesmaligen Regulieren eintretende Zunahme der Stromstärke, durch welche auch die der Lichtstärke wesentlich beeinflusst wird, gleiches Sinken der Spannung vorausgesetzt, bei der Differentiallampe kleiner ist als bei der Nebenschlusslampe. (Vergl. hierüber die Abhandlung von Görges, ETZ 1899, S. 444, in der die bezüglichen Verhältnisse eingehend und klar erläutert sind).

Mechanische Konstruktion der Bogenlampen.

Den zur Zeit im Gebrauch befindlichen Bogenlampen liegt stets eines der drei unter **86** beschriebenen Schaltungsprinzipien zu grunde. Die verschiedenen Formen unterscheiden sich, abgesehen von den einzelnen Abmessungen und der äusseren Ausstattung, nur durch die konstruktive Anordnung, insbesondere der rein mechanischen Teile, welche die Bewegung eines schwingenden Ankers oder eines in einer Drahtspule gleitenden Eisenkernes zum Nachschube der Kohlen verwerten. Dieser Zweck lässt sich natürlich auf zahlreichen verschiedenen Wegen erreichen. Eine und dieselbe Konstruktion der genannten mechanischen Zwischenteile kann ausserdem für eine Nebenschluss- wie für eine Differentiallampe verwendet werden. Vielfache Abweichungen zeigt bei den verschiedenen Formen der Nebenschlusslampe die Anordnung des zum Bogenbilden dienenden Elektromagnetes.

Trotz der grossen Mannigfaltigkeit in der Ausführung der Bogenlampen gehört jedoch, ganz abgesehen von der Schaltung der Drahtspulen, auch der mechanische Teil der meisten Lampen, insbesondere der Nebenschlusslampen, unter eine von wenigen grossen Gattungen, deren Grundgedanke sich in nur etwas neuer Ausführung bei der betreffenden Lampe wiederfindet. Im folgenden ist die Konstruktion einiger in Deutschland gebauter Lampen beschrieben, die zum Teil so ausgewählt sind, dass sie als Typus einer ganzen ähnlichen Gattung dienen können.

a) Nebenschlusslampen.

88. Die Nebenschlusslampe (Modell F) von **Körting & Mathiesen** in Leutzsch bei Leipzig besitzt nur einen einzigen Elektromagnet *a*, dessen Wickelung im Nebenschluss zum Lichtbogen liegt. Dieser bewirkt sowohl das Entzünden der Lampe wie den Nachschub der Kohlen. Die Eisenkerne sind da, wo sie aus den Spulen herausragen, schräg eingeschnitten (Fig. 172). In diesen Einschnitt wird ein Anker *b* mehr oder weniger weit hineingezogen. Der Anker bildet die eine Seite eines Rahmens, der sich um eine horizontale Achse dreht. Dieser Rahmen, dessen Bewegung durch den Luftdämpfer *i* verlangsamt wird, nimmt einen zweiten Rahmen *c* mit, welcher ein aus mehreren Zahnrädern und Trieben bestehendes Laufwerk enthält. Die an dem Hebel *h* befestigte Feder *e* zieht den Laufwerkrahmen nach rechts und wirkt so der Anziehung des Elektromagnetes entgegen. Auf der untersten Welle des Laufwerkes sitzt ein Kettenrad *d*, dessen Kette an ihrem einen Ende den oberen Kohlenhalter trägt. Das andere Ende der Kette ragt in die eine hohle und seitlich aufgeschlitzte Führungsstange des unteren Lampengestelles hinein und trägt den unteren Kohlenhalter. Die Spitzen der Kohlenstifte müssen, solange die Lampe nicht benutzt wird, 5 bis 10 *mm* auseinander stehen.

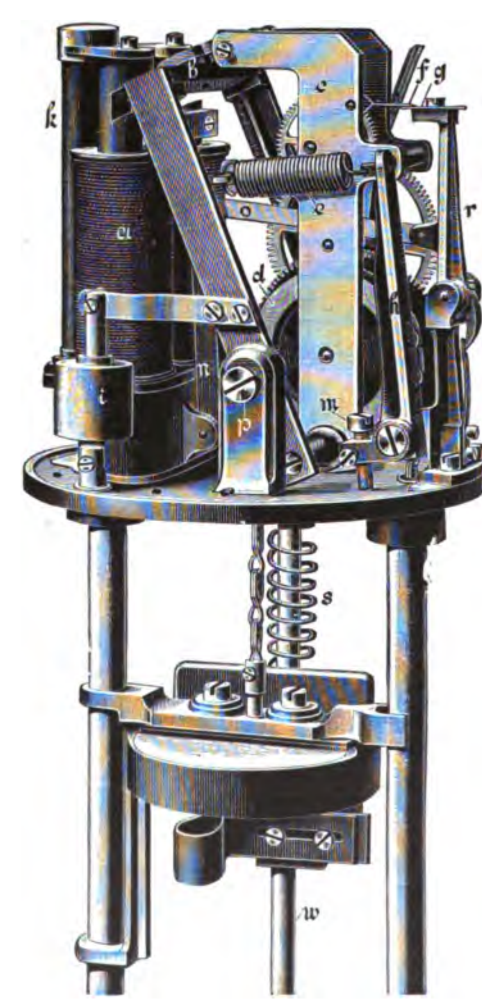


Fig. 172.

Beim Einschalten der Lampe wird der Anker *b* in den Einschnitt der Magnetpole gezogen und nimmt den Laufwerkrahmen mit. Dieser dreht sich dabei etwas um seinen auf der Grundplatte des Werkes befindlichen Drehpunkt, sodass das (in der Abbildung) linke Ende der Kette sich senkt, das rechte sich hebt. Dadurch werden die Kohlen in Berührung gebracht und so der Hauptstrom geschlossen. Da aber durch die Berührung der Kohlen der Nebenschluss-Elektromagnet stromlos wird, so überwiegt nun die Kraft der Feder *e*. Sie zieht den Anker nebst dem Laufwerk etwas zurück, dadurch die Kohlen auseinander und bildet so den Lichtbogen. Sobald dieser entstanden ist, hat der Elektromagnet wieder Strom und die Stellung des Ankers *b* ist von nun an durch das Gleichgewicht zwischen der magnetischen Anziehung und der Gegenkraft der Feder *e* bedingt.

Das Nachschieben der Kohlen kommt nun in folgender Weise zu stande: Die oberste (vierte) Welle des Laufwerkes trägt einen Windflügel (dessen eines Ende in Fig. 172 sichtbar ist), sowie ein Flügelrad *f* mit vier Armen. Den letzteren steht die Anschlagzunge *g* gegenüber. Solange die Lampe nicht reguliert, liegt einer der Arme von *f* auf diesem Anschlage auf. Wenn mit dem Abbrennen der Kohlen der Lichtbogen und damit die Spannung zwischen den Kohlen wächst, steigt die anziehende Kraft des Elektromagnetes, sodass der Anker und mit ihm der Laufwerkrahmen nach dem Magnet herübergezogen wird. Der Rahmen erreicht dabei eine Stellung, in der der bis dahin durch *g* gehemmte Flügel von *f* den Anschlag gerade verlässt. In diesem Augenblicke ist das Laufwerk frei und das Übergewicht des oberen Kohlenhalters, der mit einer eisernen Scheibe beschwert ist, setzt das Werk in Drehung, sodass die obere Kohle sich senkt, die untere sich hebt. Durch die so bewirkte Verminderung der Lichtbogenlänge nimmt die Spannung und damit die Erregung des Elektromagnetes ab. Die Gegenkraft der Feder überwiegt, zieht den Laufwerkrahmen zurück, das Flügelrad *f* fängt sich wieder an dem Anschlage, und damit ist das Laufwerk arretiert. Die Lampe ist so empfindlich reguliert, dass die Windflügelwelle beim jedesmaligen Nachschieben der Kohlen noch nicht eine volle Umdrehung macht. Da die in entgegengesetzter Richtung erfolgende Bewegung der beiden Kohlen gleich gross ist, so bleibt der Lichtbogen stets in der gleichen Höhe.


Fig. 173.

In Fig. 173 ist die ganze Lampe in etwas kleinerem Massstabe abgebildet. Wie ersichtlich, wird der Strom dem oberen Kohlenhalter durch ein spiralförmig gewundenes blankes Kabel (*s* in Fig. 172) zugeleitet. Dieses besteht aus feinem Kupferdraht und ist so leicht biegsam, dass es irgend welchen Einfluss auf das Funktionieren des Nachschubmechanismus nicht ausüben kann. Es wird in seiner Stellung erhalten mittels eines hindurchgesteckten, etwas beweglichen Stiftes. Ebenso geschieht die Stromzuführung zur unteren Kohle durch ein loses Kabel, dessen anderes Ende an einem Metallstifte befestigt ist, wie aus Fig. 173 zu ersehen. Beide Kohlenhalter sind mittels seitlicher Arme an den beiden Stangen des Gestelles lose geführt. Die Kohlen sitzen in Klemmfassungen. Die Fassung für die obere Kohle ist von dem übrigen Kohlenträger durch Glimmer isoliert, ebenso auch das erwähnte Zuführungskabel. Beim unteren Kohlenhalter ist dies nicht der Fall. Beide Klemmfassungen sind behufs zentrischer Einstellung der Kohlenstifte verstellbar. Gewöhnlich stellt man nur am unteren Kohlenhalter ein, der zu diesem Zwecke mit einer Art Kugelgelenk versehen ist.

Sollten beim Einschalten der Lampe die Kohlen so weit voneinander entfernt sein, dass der Elektromagnet beim ersten Anziehen des Ankers sie nicht bis zur Berührung zu bringen vermag, so dreht sich das gleichzeitig frei gewordene Laufwerk so lange, bis die Kohlen sich berühren, worauf die Feder *e* in der oben beschriebenen Weise den Lichtbogen bildet. Wird die Lampe ausgeschaltet, so zieht die Feder die Kohlen auf etwa 5 *mm* auseinander. Beim Einsetzen neuer Kohlen ist darauf zu achten, dass sie mindestens diesen Abstand haben.

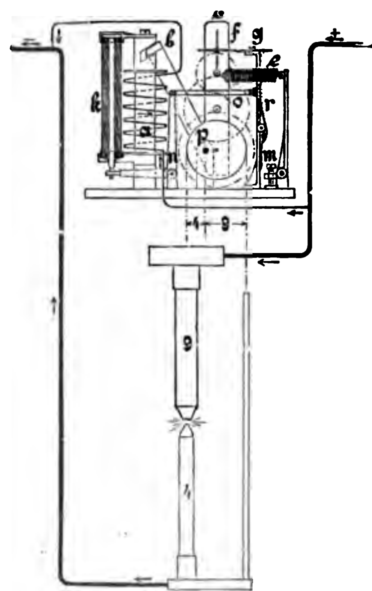


Fig. 174.

Die treibende Kraft für das Laufwerk ist die Differenz der Gewichte des oberen und des unteren Kohlenhalters nebst Kohlen. Diese ändert sich aber beim Abbrennen der Kohlen, da von der oberen in gleichen Zeiten mehr als doppelt soviel verbrennt als von der unteren. Hierdurch könnte aber die Gegenkraft gegen die Anziehung des Elektromagnetes vermehrt oder aber auch vermindert werden, da die Drehungsachse des Laufwerkrahmens nicht mit der des Kettenrades zusammenfällt. Um dies zu verhindern, ist die Einrichtung so getroffen, dass die Längen der Hebelarme, mit denen die Gewichte der beiden Kohlenhalter auf den schwingenden Laufwerkrahmen wirken, das umgekehrte Verhältnis besitzen (4 : 9) wie das Gewicht der oberen zu dem der unteren Kohle (9 : 4), sodass die Produkte aus Hebellänge und Kohlengewicht stets einander gleich bleiben. Aus der schematischen Fig. 174 wird das eben Erläuterte am besten klar.


Fig. 175.

Die Lampe besitzt endlich noch eine Einrichtung, welche verhindert, dass die Klemmenspannung und die Länge des Lichtbogens sich bei länger dauerndem Brennen der Lampe erhöhen. Da die Kupferdrahtwickelung des Elektromagnetes durch den hindurchgehenden Strom, wie auch durch Wärmeleitung vom Lichtbogen aus, erwärmt wird, so nimmt ihr Widerstand allmählich zu. Infolgedessen ist mit der Zeit eine immer höhere Spannung erforderlich, um diejenige Stromstärke in den Drahtwindungen zu erzeugen, bei der das Regulieren erfolgt. So kommt es, dass das Regulierwerk die Spannung zwischen den Kohlen und damit die Lichtbogenlänge nicht ganz konstant hält, sondern dass beide so lange zunehmen, bis die Temperatur der Elektromagnetwickelung nicht mehr weitersteigt. Der so bewirkte Spannungszuwachs kann bis 5 Volt und darüber betragen.

Um dies zu verhindern, bringen Körting & Mathiesen im Regulierwerke eine Vorrichtung an, die durch die allmähliche Erwärmung so beeinflusst wird, dass sie für sich allein den Spannungsbetrag, bei dem die Lampe reguliert, herabdrücken würde. Beide Einwirkungen zusammen heben sich ungefähr auf,

sodass die Spannung nahezu konstant bleibt. Die zuletzt genannte Vorrichtung besteht aus einem Rohrsystem *k* (Fig. 172 und 173), welches aus einer Anzahl ineinander gesteckter Röhrchen aus Zink- und Eisenblech gebildet ist, die abwechselnd so zusammengelötet sind, dass die Differenz der beiderseitigen Ausdehnungen summiert wird. Das äussere Rohr ist an dem Sockelstück des Elektromagnetes befestigt, während der letzte innere Teil seine Bewegung mittels Hebel *n* und Zugstange *o* auf den die Anschlagzunge tragenden Hebel *r* überträgt.

Durch ein entsprechendes Übersetzungsverhältnis dieser Hebel wird die Anschlagzunge *g* bei eintretender Erwärmung des Werkes um soviel zurückgedrückt, als der Magnetanker und damit das Flügelrad infolge der allmählich abnehmenden Kraft des Elektromagnetes zurücktreten. Beide Bewegungen vollziehen sich in vollkommener Übereinstimmung und unabhängig von der Stromstärke, mit der die Lampe gebrannt wird.

Das Einregulieren der Lampe auf bestimmte Spannung geschieht durch Verstellen der Feder *e* (Fig. 172) vermittels der auf den Arm *k* wirkenden Schraube *m*. Über das Regulierwerk ist eine dicht schliessende Zinkkapsel aufgesetzt. Diese kann jedoch auch während des Brennens der Lampe bequem abgenommen werden, da der Bügel, an dem die Lampe hängt, wie aus Fig. 173 ersichtlich, ein Gelenk enthält und sich dadurch zur Seite drehen lässt.

Da die Lampe keine vom Hauptstrome durchflossene Elektromagnetwickelung besitzt, so ist man bei ihrer Benutzung nicht auf eine bestimmte Stromstärke beschränkt, sondern kann sie durch Veränderung des Vorschaltwiderstandes nach Belieben mit grösserer oder kleinerer Stromstärke und dementsprechender Lichtstärke brennen. Der in dieser Beziehung bei jedem Lampenmodell mögliche Spielraum ist aus den unten folgenden Zahlenangaben zu entnehmen.

Fig. 175 zeigt die äussere Gestalt der mit Glasglocke versehenen Lampe in ganz einfacher Ausstattung. Die obere Metallfassung der Glocke ist mittels Hakenverschluss an das Lampengestell angehängt. Löst man diesen, so lässt sich die Glocke so weit herablassen, dass die Kohlen in ihrer ganzen Länge frei liegen. Die Glocke hängt dann an den in der Abbildung sichtbaren Ketten.

Die Lampe wird in vier Abstufungen der Stromstärke (2 bis 4, 2 bis 8, 3 bis 15

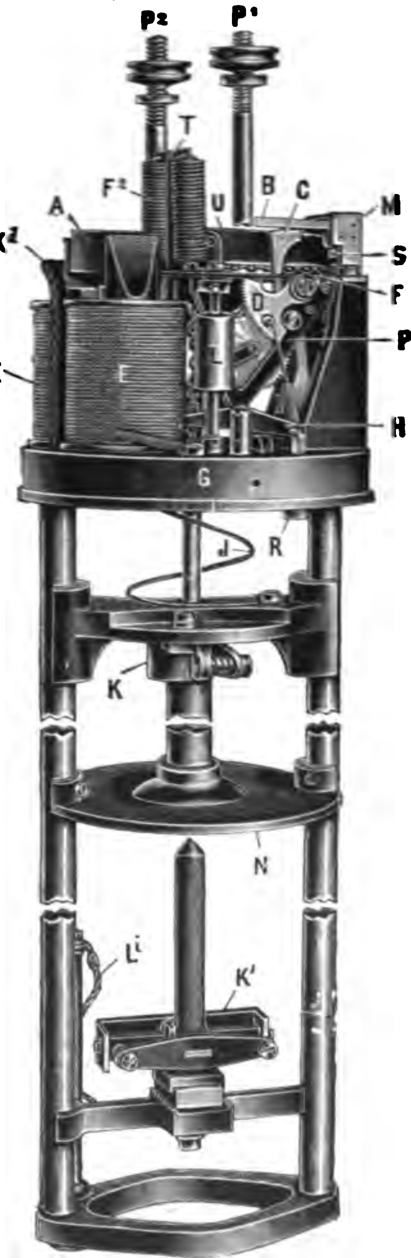


Fig. 176.

uud 16 bis 35 Ampère) und für Brenndauern von 6 bis 20 Stunden, ebenfalls in mehreren Abstufungen, die sich durch die Kohlenlänge unterscheiden, ausgeführt.

Nebenschluss Bogenlampe der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in Berlin. Auch diese Lampe besitzt nur einen einzigen Elektromagnet E (Fig. 176) mit Nebenschlusswickelung. Zwischen den Polschuhen desselben kann der Anker A sich auf- und abbewegen. Der Anker sitzt an den Enden zweier Blattfedern F_1. Die Spiralfedern F_2 wirken der den Anker herabziehenden magnetischen Kraft entgegen. Die Bewegung des ganzen schwingenden Systems wird durch die pumpenartig wirkende Luftdämpfung L verlangsamt.

Der Nachschub der Kohlen geschieht nun in ähnlicher Weise wie bei der Lampe von Körting & Mathiesen. Es ist ein Laufwerk mit Kettenrad vorhanden, an dessen Kette einerseits der durch eine Eisenscheibe beschwerte obere, anderseits der untere Kohlenhalter hängt. Auf der letzten Welle des Räderwerkes sitzen Flügelarme C, die durch ein Echappement von der vorletzten Welle aus pendelnd hin und her bewegt werden und von denen bei gehemmtem Laufwerke einer an den Anschlag B anstösst. Das ganze Laufwerk macht die Bewegung des den Anker tragenden Rahmens nach unten oder oben mit. Beim Einschalten der Lampe stehen die Kohlen auseinander. Der Elektromagnet erhält Strom und zieht den Anker und damit das Laufwerk nach unten. Dadurch wird der Hemmungsflügel C frei. Sollten die Kohlen noch nicht in Berührung sein, so beginnt das Räderwerk zu laufen, und die obere Kohle sinkt herab. Im Augenblicke der Berührung der Kohlen wird der Elektromagnet stromlos, die Federn F_2 ziehen den Anker mit dem Laufwerke nach oben, der Bogen wird gebildet und gleichzeitig das Laufwerk bei B gehemmt. Durch Abbrennen der Kohlen vergrössert sich allmählich die Spannung, der Elektromagnet zieht das System ein wenig herab, und das frei werdende Räderwerk bewirkt den Nachschub der oberen Kohle.

Der untere Kohlenhalter hebt sich beim jedesmaligen Regulieren um ebensoviel, als der obere sich senkt, sodass der Lichtpunkt seine Stellung beibehält. Von den beiden Zuführungsklemmen P_1 und P_2 steht die positive (P_1) mit dem Lampengestell in leitender Verbindung. Von der Grundplatte des Werkes leitet ein leicht biegsames, blankes Kupferkabel dem oberen Kohlenhalter den Strom zu. Anderseits führt von der negativen Klemme P_2 ein gut isolierter Kupferdraht Kd in dem (linken) Rohre des Gestelles hinab zu dem ebenfalls isolierten unteren Kohlenhalter.

Das Regulierwerk wird durch eine Metallkapsel, die am Rande der Grundplatte festgeschraubt wird, nach aussen abgeschlossen. Die Kapsel trägt eine isolierte Öse zum Aufhängen der Lampe. Die beiden Polklemmen ragen aus dem Deckel der Kapsel hervor, wenn die Lampe mit einfacher Armatur für Innenräume versehen wird.

Die Lampe wird in sechs Grössen hergestellt, von 3 bis 15 Ampère und für Brenndauern von 7 bis 16 Stunden.

Kleine Nebenschlusslampe der **Elektricitäts-Gesellschaft Hansen** in Leipzig. Diese Firma baut neben grösseren Bogenlampen Lampen für kleine Stromstärken von etwa $1^1/_2$ bis 4 Ampère als Spezialität. Eine Lampe dieser Art ist im folgenden beschrieben.

Die Reguliervorrichtung der Fig. 177 in ihrem oberen Teile abgebildeten Lampe enthält ein Laufwerk l, das durch das Übergewicht des stark beschwerten oberen Kohlenhalters getrieben wird. Die unterste Welle des Laufwerkes trägt ein Kettenrad. An den beiden Enden der Kette hängen die beiden Kohlenhalter. Dasjenige Ende, welches den unteren Kohlenhalter trägt, läuft in der einen (in der Abbildung rechten) hohlen Führungsstange des Gestelles, die im unteren Teile auf der Innenseite aufgeschlitzt ist. Die Bewegung des Laufwerkes wird durch ein an der obersten Welle angebrachtes Echappement mit Pendel p geregelt. Solange dieses Pendel nicht von aussen gehemmt wird, geht das Laufwerk weiter, bis die Kohlen sich berühren.

Das Regulierwerk enthält ferner den im Nebenschluss liegenden Elektromagneten e. Dieser ist mit horizontalen Polschuhen versehen, die an ihrer Unterseite in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise abgeschrägt sind. Den Polschuhen gegenüber steht der eiserne Anker a. Dieser ist an den Seiten-

wänden des Laufwerkes befestigt. Da das Laufwerk nicht unverrückbar feststeht, sondern sich bei *d* etwas drehen kann, so vermag der Anker *a* der Anziehung des Elektromagnetes zu folgen und nimmt dabei das Laufwerk (nach links) mit. Das letztere dreht sich bei *d* nicht mit Zapfen in Lagern, sondern ist hier an zwei Blattfedern befestigt, wodurch, ähnlich wie bei vielen Uhrpendeln, jede Reibung bei der Drehung ferngehalten wird. Endlich trägt ein Ansatzarm des Laufwerkes noch die pumpenartige Luftdämpfung *b*, durch welche die vom Elektromagnete bewirkten Bewegungen des Laufwerkrahmens verlangsamt werden.

Eine Spiralfeder *f* übt auf das Laufwerk als Ganzes einen Zug vom Elektromagnete weg aus. Das eine (in der Figur rechts befindliche) Ende dieser Feder ist an dem längeren Arme eines Hebels befestigt, auf dessen kürzeren Arm eine Stellschraube wirkt, durch welche man die Spannung der Feder verändern und damit die Lampe auf verschiedene Lichtbogenlänge einregulieren kann.

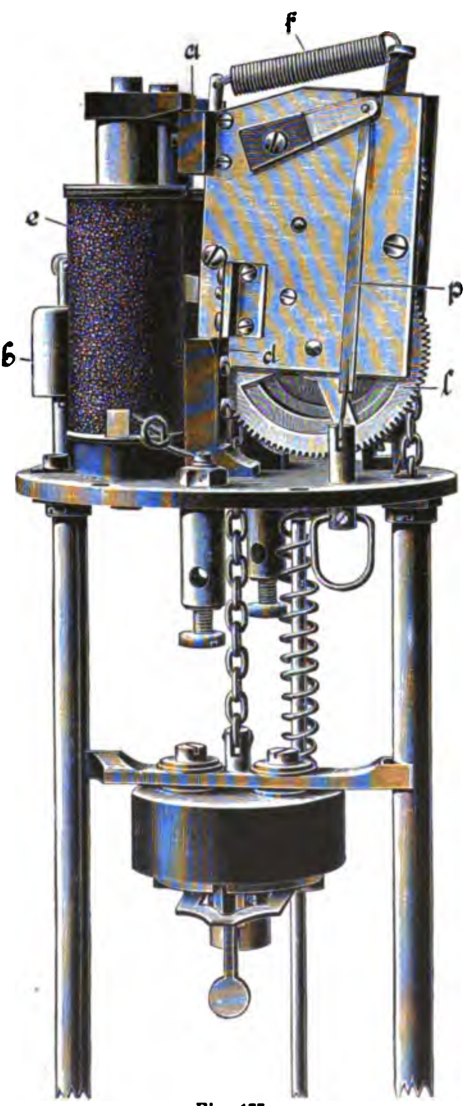


Fig. 177.

Das Spiel des Regulierwerkes ist nun folgendes: Vor dem Einschalten der Lampe sind die Kohlen nicht in Berührung, sondern stehen einige Millimeter auseinander. Wird Strom gegeben, so findet dieser nur den Weg durch die Elektromagnetwindungen geschlossen. Da unter diesen Umständen im Vorschaltwiderstande fast kein Verlust stattfindet, so kommt nahezu die volle Spannung zur Wirkung und der Elektromagnet wird kräftig erregt. Er zieht den Anker und mit diesem das ganze Laufwerk so weit als möglich zu sich heran. Dadurch wird das in der Abbildung rechts liegende Ende der Kette samt dem daran hängenden unteren Kohlenhalter etwas gehoben, die Kohlen gelangen zur Berührung und der Hauptstrom ist damit geschlossen.

Infolge hiervon wird der Elektromagnet für einen Augenblick nahezu stromlos, die Feder zieht das Laufwerk zurück, die Kette mit der unteren Kohle senkt sich wieder etwas, und der Lichtbogen wird gebildet. Von da ab haben die Magnetwindungen wieder Strom, dessen Stärke durch die Lichtbogenspannung bedingt ist. Der Anker mit dem Laufwerke stellt sich in eine Zwischenlage ein, in der das Pendel des Echappements gegen eine auf der Grundplatte des

Werkes befestigte Zunge stösst und damit arretiert ist. In dem Masse, wie infolge Abbrandes der Kohlen die Bogenlänge und damit die Spannung wächst, steigt die Stromstärke in den Elektromagnetwindungen, und der Anker samt dem Laufwerke wird mehr und mehr zum Magneten herangezogen. Dadurch hebt sich das Ende des Pendels, bis es endlich frei wird. Nun kann es einige Schwingungen machen, sodass die Räder des Laufwerkes sich drehen, der obere Kohlenhalter sich senkt und der untere gehoben wird. Die Kohlen nähern sich, sodass die Lichtbogenlänge kleiner wird. Dadurch sinkt die Spannung und mit ihr der Strom in den Magnetwindungen, der Magnetismus nimmt ab. Die Kraft der Feder überwiegt wieder. Sie zieht das Laufwerk zurück, sodass das Pendel tiefer zu stehen kommt und gegen die genannte Zunge stösst. Damit ist das Laufwerk wieder arretiert und das beschriebene Spiel beginnt von neuem.

Beim Ausschalten der Lampe zieht die Feder den Laufwerkrahmen ganz zurück, wodurch die untere Kohle sich senkt und die Kohlen ausser Berührung kommen. Beim Einsetzen neuer Kohlen hat man darauf zu achten, dass zwischen deren Enden ein Abstand von einigen Millimetern bleibt, da andernfalls die Lampe beim Einschalten keinen Bogen zu bilden vermag.

Um die Kohlen auch bei stromloser Lampe zusammenführen zu können, lässt sich die Arretierung des Laufwerkes auch mit der Hand frei machen. Dies geschieht durch Ziehen an einem unterhalb der Grundplatte angebrachten Ringe. Dadurch wird die Anschlagzunge des Pendels nach unten gezogen und das Räderwerk beginnt zu laufen. Lässt man los, so kehrt die Zunge durch Federkraft in ihre frühere Lage zurück und hält das Pendel an.

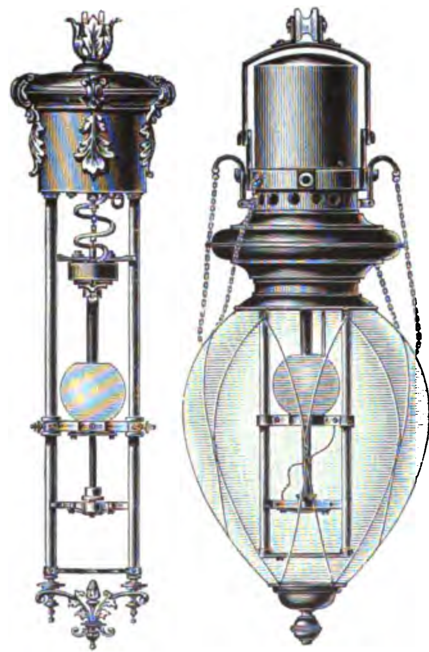


Fig. 178. Fig. 179.

Was die übrigen Teile der Lampe betrifft, so ist der obere Kohlenhalter sowie die positive Polklemme durch Glimmerzwischenlagen vom Gestell isoliert. Der negative Pol liegt am Gestell. Die obere Kohle wird mittels eines federnden Kniehebels in ihre Fassung gepresst, die untere in eine geschlitzte Hülse gesteckt, die auf einer Blattfeder sitzt und mit Kugelgelenk behufs Zentrierung des Kohlenstiftes versehen ist. Beiden Haltern wird der Strom durch leicht biegsame, blanke Kupferkabel zugeleitet.

Behufs Aufhängung der Lampe ist in die Grundplatte des Werkes ein starker Messingbügel geschraubt, der das Werk etwas überragt. Doch befindet er sich innerhalb der Schutzkappe, aus der nur oben ein am Bügel befestigtes Gewindestück herausragt. In dieses wird der mit Porzellanrolle versehene Aufhängehaken eingeschraubt.

Bemerkenswert ist noch die Glasglocke. Diese hat nur etwa 7 *cm* Durchmesser. Sie umgibt nur den Lichtbogen und die glühenden Enden der Kohlen und ist zu diesem Zwecke zwischen den beiden Führungsstangen des Gestelles in eine mit Ring versehene, feststehende Traverse eingesetzt (Fig. 178). Sie behält ihre Stellung unverrückt bei, ebenso wie der Lichtpunkt der Lampe. Die Glocke ist oben und unten offen. Die obere Öffnung ist 40 *mm* weit, die untere 30 *mm*. In letztere wird ein Aschentellerchen aus Stahlblech eingesetzt, das in der Mitte soweit durchbohrt ist, dass die untere Kohle ungehinderten Durchgang erhält. Neuerdings

bildet der in die Glocke nach innen vorspringende Aschenteller mit der Glocke ein Ganzes, wodurch das Herausspringen glühender Kohleteilchen vollkommener verhindert wird.

Durch Anwendung einer so kleinen Glasglocke wird erreicht, dass das Licht weniger geschwächt wird, als bei einer grösseren Glocke, gleichartige Mattierung und gleiche Glasdicke vorausgesetzt, da ja die Lichtstrahlen die Glasschicht in geringerer Entfernung vom Lichtpunkte treffen als sonst. Ferner hat man eine billige Glocke. Die in Rede stehende kostet 20 ₰, während die gebräuchlichen grösseren Glocken ohne alles Zubehör nicht unter mindestens 3 ℳ zu haben sind.

In Innenräumen kommt die Hansen-Lampe, nur mit der kleinen Glocke versehen, zur Verwendung (Fig. 178). Im Freien umgibt man sie ausserdem noch mit einer grösseren Glocke aus Klarglas (Fig. 179) zum Schutze gegen die Witterung.

Die kleinsten Typen der Hansen-Lampe sind bestimmt, eine möglichst weitgehende Zerteilung der Bogenlichtbeleuchtung zu erzielen, um die günstige Ausnutzung der elektrischen Energie, welche beim Bogenlichte erreicht wird, auch da verwerten zu können, wo nur verhältnismässig geringe Lichtmengen erforderlich sind.

Die im vorstehenden beschriebene kleine Lampe kann für Stromstärken von 1 bis 4 Ampère benutzt werden. Ihre Brenndauer liegt zwischen 4 und 6 oder zwischen 8 und 10 Stunden. Die Firma baut ausserdem grössere Nebenschlusslampen bis zu 15 Ampère Stromstärke und 18 bis 20 Stunden Brenndauer.

b) Differentiallampen.

89. Das Gestell der Differentiallampe der **Elektricitäts-Aktiengesellschaft, vormals Schuckert & Co., System Piette Křižík**, besteht aus zwei Grundplatten (Fig. 180), die durch vier Führungsstangen TT verbunden sind. Die beiden Spulen S_1 und S_2 sind in gleicher Höhe nebeneinander an den Führungsstangen befestigt. Die Kohlenhalter H_1 und H_2 sind lange Blechröhren, welche konische Eisenkerne enthalten. Die beiden Kohlenhalter hängen an der Seidenschnur J, welche über die Nutrolle N läuft, und sind äquilibriert. Jeder Kohlenhalter ist an zwei Stellen geführt: unten bei F durch je drei Rollen, welche in der unteren Grundplatte gelagert sind, und oberhalb durch zwei an seinem oberen Ende sitzende Nutrollen B, welche an den Führungsstangen laufen.

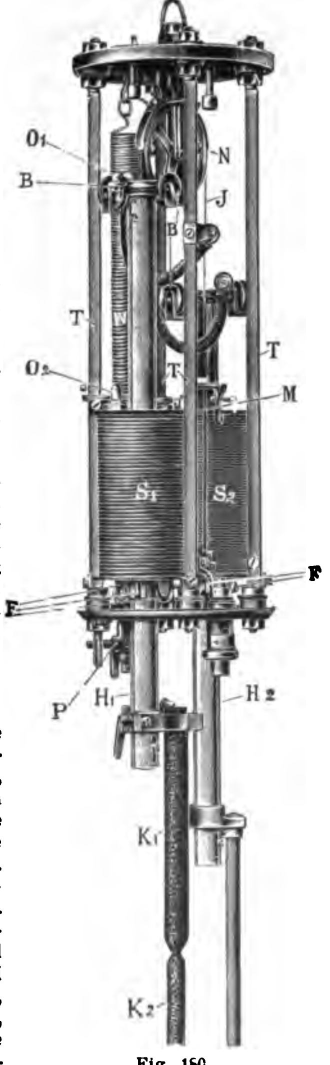


Fig. 180.

Beide Eisenkerne werden von den Spulen beim Stromdurchgange nach oben gezogen. Diese Anziehungen wirken sich also entgegen; die Hauptstromspule S_1 ist bestrebt, ein Auseinandergehen, die Nebenschlussspule S_2 ein Annähern der Kohlen zu bewirken. Mit dem Abbrande der Kohlen ändert sich die relative Lage zwischen Spule und zugehörigem Eisenkern, indem der Kern der Nebenschlussspule in diese nach und nach weiter hineingezogen wird, da-

gegen der zur Hauptspule S_1 gehörige Kern aus seiner Spule allmählich weiter nach unten heraustritt. Damit diese Änderungen der relativen Lage den Lichtbogen nicht beeinflussen, müssen die Anziehungskräfte zwischen Kern und Spule von der relativen Lage unabhängig sein, was durch die eigentümliche konische Form der Eisenkerne erreicht werden soll.

Die in Fig. 180 abgebildete Form der Schuckert'schen Differentiallampe ist für Serienschaltung gebaut. Sie enthält deswegen noch einen in Spiralform gewickelten Ersatzwiderstand W und einen kleinen (in der Abbildung nicht deutlich sichtbaren) Elektromagnet M mit Ankerhebel. Dieser Elektromagnet wird vom Hauptstrome umflossen und hält während des normalen Brennens der Lampe einen Anker angezogen. Sind aber die Kohlen so weit als zulässig abgebrannt, so wird der zu den Kohlen führende Strom, der auch S_1 und M durchfliesst, selbsttätig unterbrochen. Sobald der Elektromagnet M stromlos ist, lässt er seinen Ankerhebel los, der sich mit seinem anderen Arme auf ein Metallstück auflegt. Dadurch wird ein Kontakt hergestellt, durch welchen der Ersatzwiderstand W zwischen die Klemmen der Lampe eingeschaltet ist. Dieser ist so abgeglichen, dass er einen Teil der elektrischen Arbeit verzehrt, welche sonst die Lampe zum normalen Brennen braucht. Dadurch wird erreicht, dass die Stromstärke in dem Stromkreise der übrigen weiter brennenden Lampen sich nicht erheblich verändert. Gleichzeitig werden die sonstigen stromführenden Teile der Lampe durch Berührung der Kontaktstücke O_1 und O_2 kurz geschlossen.

Beide Polklemmen, die vier Führungsstangen und alle sonstigen Stromwege sind vom übrigen Lampenkörper isoliert. Den Kohlenhaltern wird der Strom durch zwei leicht biegsame, isolierte Kupferschnüre zugeführt. Die beiden Kohlen haben solche Durchmesser, dass sie gleich schnell abbrennen. Der Lichtpunkt bleibt also an derselben Stelle.

Fig. 181.

Fig. 182.

Zur Parallelschaltung mit Glühlampen führt die genannte Firma die Differentiallampe von Piette-Křižik in etwas abgeänderter Gestalt aus. Die Lage der beiden Spulen, die Form der beiden Eisenkerne und Kohlenhalter, sowie die Art der Regulierung ist dieselbe wie bei der Lampe für Serienschaltung (vergl. Fig. 181). Dagegen fehlt der Ersatzwiderstand und der Elektromagnet zum Einschalten desselben. Ausserdem

ist durch Tieferlegen der Schnurrolle und durch Weglassen der oberen Deckplatte die Höhe des Werkes nach Möglichkeit vermindert, im Interesse der Verwendung der Lampe in Innenräumen von mässiger Höhe.

Fig. 182 zeigt die mit Glasglocke, Schutzgehäuse und Reflektor fertig ausgestattete Lampe für Serienschaltung.

Die Bogenlampen der »Elektricitäts-Aktiengesellschaft« werden in zwei Grössen hergestellt:

	Stromstärke	Brenndauer
Mittleres Modell	4 bis 13 Ampère	bis ca. 12 Stunden
Grosses »	4 » 16 »	» » 18 »

Die Differential-Seillampe von **Siemens & Halske, A.-G.,** ist Fig. 183 in schematischer Zeichnung abgebildet. Das Magnetsystem besteht aus zwei Spulenpaaren AA, von denen das eine auf der Grundplatte des Werkes aufsitzt und mit einer Nebenschlusswickelung versehen ist, während das andere Paar, dessen Wickelung im Hauptstrome liegt, sich darüber befindet und von zwei Säulchen getragen wird. Die beiden oberen Spulen sind durch das eiserne Jochstück C verbunden, während bei den unteren das Eisen der Grundplatte, das etwas in den Hohlraum der Spulen hineintritt, als Joch wirkt. Ein H-förmiger hohler Eisenkörper B ragt mit seinen vier Schenkeln in die vier Spulen hinein. Die Hauptstromspulen sind bestrebt, ihn nach oben, die Nebenschlussspulen ihn nach unten zu ziehen. Der genannte Eisenteil ist in einer an dem Gestell des Laufwerkes E befestigten Gabel bei D zwischen Zapfen gelagert.

Das Laufwerk enthält ein Hauptrad, dessen Bewegung durch zwei mit Zahnrädern und Trieben versehene Zwischenwellen mit zunehmender Geschwindigkeit auf das ganz oben befindliche Sternrad übertragen wird. Den Armen des letzteren steht eine feste Nase gegenüber, an welcher es, je nach der Stellung des beweglich aufgehängten Laufwerkes, entweder frei vorbeigeht oder aber sich fängt, wodurch die Bewegung des Werkes gehemmt wird. Der Laufwerkrahmen hängt an den Spiralfedern GG, sodass er sich in seiner Vertikalebene ein wenig drehen und etwas nach rechts und links bewegen kann. Das ganz unten liegende Hauptrad des Laufwerkes ist durch ein Gesperre mit einer Schnurrolle gekuppelt, in deren Nut ein aus vielen sehr feinen Kupferdrähten geflochtenes Seil F läuft, nach welchem die Lampe ihren Namen hat. An den beiden Enden dieses Seiles hängen isoliert die beiden Kohlenhalter. Wie aus der Abbildung ersichtlich, geht der den unteren Kohlenhalter tragende Teil des Seiles durch die linke, hohle Führungsstange des Lampengestelles herab.

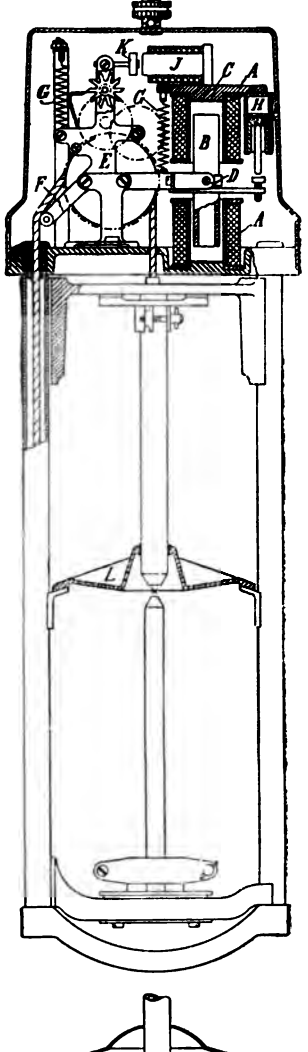


Fig. 183.

Das Regulieren der Lampe erfolgt nun in der Weise, dass bei Vergrösserung des Abstandes der abbrennenden Kohlen und dementsprechender Zunahme der Spannung, die dadurch überwiegende Wirkung der Nebenschlussspulen den Eisenkörper B herabzieht und damit das ganze Laufwerk etwas nach rechts

bewegt. Hierdurch verlässt das erwähnte Sternrad schliesslich die Anschlagnase, durch die es bis dahin gehemmt wurde. Das Laufwerk wird frei und infolge des Übergewichtes des beschwerten oberen Kohlenhalters senkt sich dieser, während der untere um ebensoviel gehoben wird. Der Abstand der Kohlen wird kleiner, die Spannung sinkt, während die Stromstärke zunimmt, sodass nun infolge erhöhter Anziehung der oberen und verminderter der unteren Spulen der Eisenkörper sich nach oben bewegt. Dadurch dreht der Laufwerkrahmen sich etwas nach links und das Sternrad fängt sich wieder an seinem Anschlage.

Ist die Lampe ausgeschaltet, so sinkt der Eisenanker *B* herab, macht das Laufwerk frei und die Kohlen laufen bis zur Berührung zusammen. Bei Stromschluss bleiben die unteren Spulen im ersten Momente stromlos, während die oberen Hauptstromspulen stark erregt werden. Diese ziehen den Eisenkern kräftig nach oben und durch die dadurch bewirkte Drehung des Laufwerkrahmens wird die obere Kohle gehoben, die untere gesenkt und dadurch der Lichtbogen gebildet. Ein übermässiges Auseinanderführen der Kohlen beim Einschalten wird durch die Luftdämpfung *H* verhindert, gegen deren Kolbenstift ein Fortsatz der den Eisenkörper tragenden Gabel *D* bei der Aufwärtsbewegung anstösst. Beim gewöhnlichen Regulieren der Lampe bleibt die Luftdämpfung unbeteiligt, ausser wenn stärkere Schwankungen der Stromstärke auftreten.

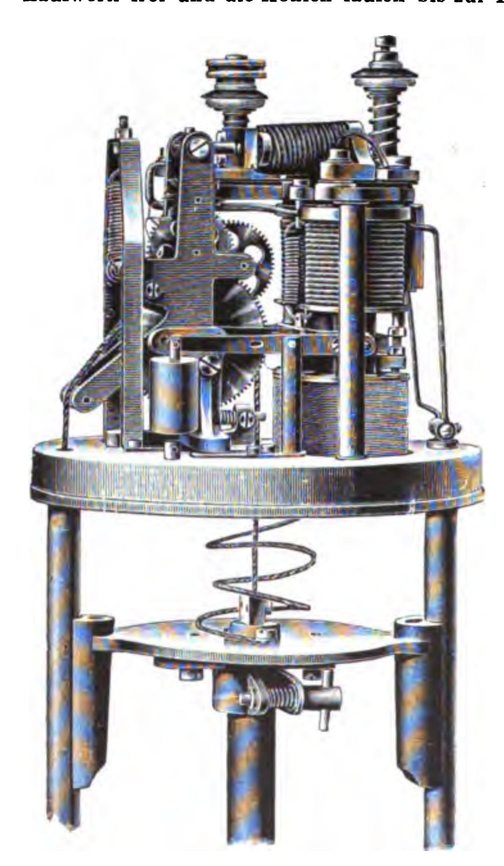


Fig. 184.

Fig. 184 gibt eine perspektivische Ansicht des Regulierwerkes, aus der die tatsächliche Lage der im vorstehenden beschriebenen Teile zueinander erkennbar ist.

Soll die Seillampe in Reihenschaltung brennen, so erhält sie noch den in beiden Abbildungen sichtbaren Elektromagnet *J* (Fig. 183), den sogen. Nebenschliesser, dessen Anker *K* am Laufwerkrahmen befestigt ist. Dieser tritt bei normalem Lampenstrome in Tätigkeit, sobald die Lichtbogenspannung infolge nahezu völligen Abbrennens der Kohlen (wo das Regulierwerk nicht mehr nachschiebt) ihren normalen Wert um 10 bis 15 % überschritten hat. Der Elektromagnet schaltet an Stelle der Lampe einen Ersatzwiderstand ein, welcher bei Stromstärken bis 8 Ampère um das Werkgehäuse herum angeordnet, bei Serienanlagen für höhere Stromstärken als besonderer Apparat ausgebildet ist. Wird die Differential-Seillampe zur Parallelschaltung (in Glühlichtanlagen) verwendet, so bleibt der Nebenschliesser *J* weg.

Die Seillampen für Gleichstrom werden mit dem Fig. 183 abgebildeten Sparer *L* versehen. Dies ist ein an den Führungsstangen des Gestelles unver-

rückbar befestigter Eisenteil, der das Ende der oberen Kohle als ein nach unten sich erweiternder, innen weiss emaillierter Hohlkegel umgibt und sich oben soweit verengt, dass die obere Kohle sich eben noch frei hindurchbewegen kann. Der Apparat hat die nämliche Wirkung, wie der unter 83 kurz beschriebene sogen. Dauerbrenner von Hardtmuth. Er lässt einen aufsteigenden Luftstrom an den Kohlen fast gar nicht zu stande kommen, vermindert so die Sauerstoffzufuhr zu den glühenden Kohlen und dadurch deren Abbrand. Nach Angabe der Firma soll die Ersparnis an Kohlen ca. 40 % betragen.

Die zu der Seillampe gehörige Armatur für Innenräume zeigt Fig. 185 in geschlossenem Zustande, Fig. 186 bei herabgelassener Glasglocke. Diese letztere gleitet beim Herablassen mittels isolierender Führungen an den Stangen des Gestelles herab, sodass sie sich gegen das Oberteil nicht verdrehen kann. Beim Heraufziehen wird die Glocke durch zwei Exzenterverschlüsse unverrückbar befestigt. Der Aschenteller lässt sich nach aussen aufklappen.

Die Seillampe wird in zwei Grössen gebaut,





Fig. 185. Fig. 186.

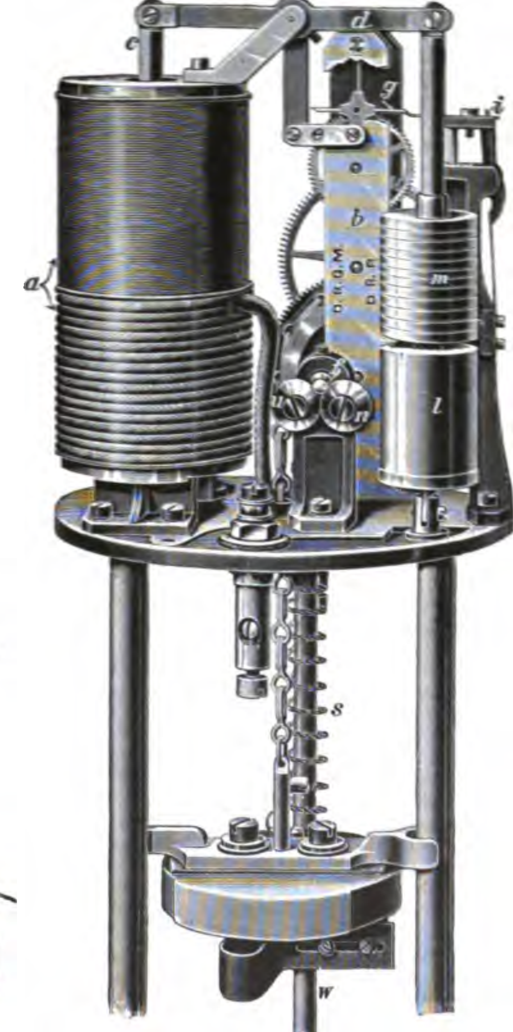


Fig. 187.

von denen die kleinere für 4, 6, 8 oder 10 Ampère und 9, 13, 17 oder 22 Stunden Brenndauer, die grössere für 12, 15 oder 20 Ampère und ca. 13, 17 oder 23 Brennstunden geliefert wird.

Differentiallampe (Modell J) von **Körting & Mathiesen** in Leutzsch bei Leipzig. Die Hauptstrom- und die Nebenschlussspule *a* (Fig. 187) liegen

senkrecht übereinander und sind auf eine gemeinschaftliche Hülse gewickelt, in der ein Eisenkern sich bewegt. Dieser hängt mittels der Stange *c* am einen Arme des Hebels *d*, an dessen anderem Arme das Gewicht *m* angreift. Unterhalb dieses Gewichtes befindet sich ein Zylinder *l* nebst Kolben als Luftdämpfung. Die Bewegungen des Eisenkernes und Hebels werden mittels des Zwischenteiles *e* auf einen um *f* leicht drehbaren Rahmen *b* übertragen, der ein Laufwerk enthält. Letzteres setzt, genau wie bei der oben beschriebenen Nebenschlusslampe derselben Firma, die beiden Kohlenhalter mit Hilfe einer Kette in Bewegung. Je nach der Stellung des Eisenkernes ist das auf der obersten Welle des Laufwerkes sitzende Flügelrad *g* durch den Anschlag *i* festgehalten, oder es verlässt diesen Anschlag bei genügend weiter Aufwärtsbewegung des Eisenkernes, wodurch das Laufwerk frei wird.

Solange die Lampe stromlos ist, befindet das Gewicht *m* sich in seiner tiefsten Stellung, das Laufwerk ist frei, und die Kohlen sind infolgedessen in Berührung. Beim Einschalten hat die Nebenschlussspule keinen Strom, der in der dickdrähtigen Spule fliessende Hauptstrom zieht den Eisenkern herab und dadurch die Kohlen auseinander. Der Lichtbogen ist gebildet und zugleich das Laufwerk bei *i* arretiert, bis es infolge Überwiegens der Wirkung der Nebenschlussspule frei wird und die Kohlen etwas zusammenschiebt.

Die Einregulierung der Lampe auf eine bestimmte Länge des Lichtbogens bezw. einen bestimmten Spannungsbetrag geschieht durch Veränderung des Gewichtes *m*, das aus einzelnen Scheibchen besteht. Zur Veränderung der normalen Stromstärke muss der Vorschaltwiderstand verändert werden.

Die Zuführung des Stromes zu den Kohlen, die Konstruktion der Kohlenhalter und die ganze äussere Ausstattung der Lampe sind dieselben wie bei der vorbeschriebenen Nebenschlusslampe, Modell F, der nämlichen Firma.

Soll die Differentiallampe mit einer grösseren Anzahl gleicher Lampen in Serie brennen, so muss sie eine selbsttätige Kurzschlussvorrichtung (vergl. **86**) erhalten, die hier nicht näher beschrieben werden soll. Ist die Zahl der in eine Reihe geschalteten Lampen nicht gross, so empfiehlt es sich mehr, wie bereits erwähnt, jede Lampe mit einem Ersatzwiderstande zu versehen, der unter den erwähnten Umständen an Stelle der Lampe selbsttätig eingeschaltet wird. Da nun aber diese Umschaltung auch unter Umständen bei vorübergehendem schlechtem Funktionieren des Regulierwerkes, wenn die Kohlen noch nicht abgebrannt sind, eintreten kann, so haben Körting & Mathiesen die Einrichtung so getroffen, dass die selbsttätige Vorrichtung die Lampe wieder einschaltet, sobald das Werk wieder regelmässig arbeitet.

Fig. 188 zeigt die mit selbsttätiger Umschaltung und Ersatzwiderstand versehene Lampe, Modell JS. Das Werk enthält ausser den Fig. 187 abgebildeten Teilen noch den im Hauptstrome liegenden Schalt-Elektromagnet mit Anker, welch' letzterer an dem Rahmen des Laufwerkes befestigt ist. Sobald durch irgend eine Ursache die Kohlen nicht mehr nachgeschoben werden, sodass der Lichtbogen übermässig lang wird und die Wirkung der Nebenschlussspule überwiegt, bewegt sich der das Laufwerk tragende Rahmen immer weiter nach rechts. Dadurch nähert sich der Anker dem Schaltmagnete schliesslich soweit, dass dieser ihn anzieht und festhält. Hiermit wird durch einen Kohlenkontakt der Ersatzwiderstand eingeschaltet. Da das Laufwerk frei ist, laufen die Kohlen zusammen. Sobald sie sich berühren, fliesst nur noch ein schwacher Strom durch den Ersatzwiderstand und den Umschaltmagnet, sodass die Hauptstromspule einen Lichtbogen bilden kann. Hierdurch geht der Laufwerkrahmen nach links, entfernt den Anker *e* von den Polen des Schaltmagnetes und unterbricht dadurch den Stromkreis des Ersatzwiderstandes, sodass die Lampe wieder regelmässig brennen kann.

Der auf einen hohlen Porzellanzylinder aufgewickelte Ersatzwiderstand sitzt oberhalb des Werkgehäuses unter einer mit Ventilationslöchern versehenen Kappe und kann daher, wenn er in Tätigkeit tritt, das Regulierwerk nur unbedeutend erwärmen.

Differentiallampe von **K. Weinert** in Berlin. Bei dieser Lampe stehen die Hauptstromspule *b* (Fig. 189) und die Nebenschlussspule *c* neben-

einander, die beiden zugehörigen Eisenkerne *m* und *n* sind an den beiden Enden des zweiarmigen Hebels *e* befestigt, der bei *a* seinen Drehpunkt zwischen Spitzen hat. Wenn der eben genannte Hebel sich bewegt, so nimmt sein Arm (in der Abbildung der vordere) vermittels des Verbindungssteges *t* das Laufwerk *L* als Ganzes mit, das sich um den Punkt *d* drehen kann. Zieht also z. B. Spule *b* ihren Eisenkern *m* weiter in



Fig. 188.



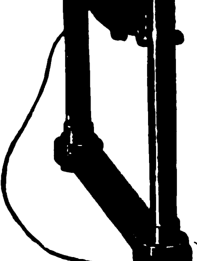


Fig. 189.

sich hinein, so wird das Laufwerk etwas gehoben, bei der entgegengesetzten Bewegung gesenkt. Die Spannfeder *g* ist bestrebt, den Laufwerkrahmen nach oben zu ziehen, wirkt also einer vom Hebel *e* bewirkten Senkung desselben entgegen. Durch den Luftdämpfer *l* werden die genannten Bewegungen des Laufwerkrahmens verlangsamt.

Die Bewegung der Kohlenhalter durch das Laufwerk geschieht in der schon bei mehreren früher beschriebenen Bogenlampen erläuterten Weise. Die unterste Welle des Räderwerkes trägt ein (in der Abbildung nicht sichtbares) Kettenrad; an den beiden Enden der Kette hängen die Kohlenhalter, von denen der obere mit einem eisernen Gewichte beschwert ist und dadurch die Triebkraft für das Laufwerk abgibt. Um ein zu schnelles Ablaufen des Werkes zu verhindern, ist dessen letztes Rad mit einem Windfange versehen. Auf dasselbe Rad wirkt ferner der Bremshebel *h* mit seinem nach unten gerichteten Ansatze und hemmt das Laufwerk. Nur bei den tieferen Stellungen des letzteren vermag er es nicht mehr zu arretieren, da er sich in diesem Falle mit seinem Ende auf den festen Anschlagstift *s* auflegt und dadurch von dem genannten Rade entfernt bleibt.

Der Stromlauf geht von der mit + bezeichneten Klemme durch den daneben befindlichen Stift nach unten und durch das durch Glasperlen isolierte, blanke, leicht biegsame Kupferkabel zum oberen Kohlenhalter, der ebenso wie die positive Klemme durch Glimmer vom Lampengestelle isoliert ist. Von da durch die untere Kohle und durch ein blankes Kupferseilchen vom unteren Kohlenhalter zum Gestell, dann durch die dickdrähtige Spule *b* zur negativen Klemme. Zwischen beiden Klemmen liegt ferner die Nebenschlussspule *c*.



Fig. 190. Fig. 191.

Bei stromloser Lampe sinkt das Laufwerk in seine tiefste Stellung, wird dadurch frei und führt die Kohlen zusammen. Beim Einschalten erhält infolgedessen nur die Hauptstromspule Strom, zieht ihren Eisenkern herab und hebt dadurch das Laufwerk. Dadurch werden die Kohlen vermittels der Kette auseinander gezogen und der Lichtbogen gebildet. Zugleich ist das Laufwerk durch den Bremshebel *h* arretiert. Die Nebenschlussspule hat nun, da die Kohlen sich nicht mehr berühren, ebenfalls Strom, sodass der Hebel *e* und mit ihm das Laufwerk eine mittlere Stellung einnimmt, die der Differenzwirkung der beiden Spulen entspricht.

Wenn dann bei zunehmendem Abbrande der Kohlen die Lichtbogenspannung steigt und dementsprechend die Stromstärke abnimmt, überwiegt die Wirkung der Nebenschlussspule *c* mehr und mehr und sie zieht ihren Eisen-

kern allmählich herab. Dadurch senkt sich das Laufwerk und gelangt schliesslich in die Stellung, in der sein oberstes Rad von dem Bremshebel *h* frei wird. Es beginnt sich zu drehen, sodass die obere Kohle gesenkt, die untere gehoben wird. Der Lichtbogen wird somit verkürzt, die Spannung nimmt ab, die Stromstärke steigt, Spule *b* überwiegt wieder und bewirkt die Hebung des Laufwerkes bis zu der Stelle, bei der es arretiert wird. Dieses Spiel wiederholt sich von nun an bei jeder Regulierung.

Zum Einregulieren des Werkes kann die Spannung der Feder *g* mittels einer unterhalb der Grundplatte sitzenden Schraube und durch Vermittelung des ungleicharmigen Hebels *f* verändert werden. Durch diese Vorrichtung lässt sich die Stromstärke, bei welcher die Lampe dauernd brennt, um etwa 2 Ampère über oder um ebensoviel unter den normalen Betrag einstellen.

Die übrigen Teile der Lampe, sowie die äussere Montierung bieten nichts weiter Bemerkenswertes. Fig. 190 zeigt die Lampe mit Glasglocke, Fig. 191 mit einer Laterne, deren Scheiben aus Krystallglas bestehen, das mit kleinen prismatischen Vorsprüngen versehen ist. Hierdurch wird einerseits das Licht vollkommen zerstreut, anderseits aber nur wenig geschwächt, nach Angabe der Firma nur um 5 bis 10 %.

Die Lampe von Weinert wird für alle gebräuchlichen Stromstärken und bezüglich der Brenndauer in drei verschiedenen Grössen ausgeführt, welche bezw. 10 bis 12, 15 bis 16 und 18 bis 20 Stunden aushalten. Für Reihenschaltung von mehr als 3 Stück erhält die Differentiallampe noch einen selbsttätigen Kurzschliesser zu dem oben mehrfach erläuterten Zwecke.

c) Lampen mit dicht abgeschlossenem Lichtbogen

(sogen. Dauerbrandlampen).

90. Vor etwa sechs Jahren hat der Amerikaner Jandus den Versuch gemacht, den Lichtbogen einer Bogenlampe nebst den zunächst liegenden Teilen der Kohlenstifte luftdicht oder doch nahezu luftdicht einzuschliessen. Er erreichte dadurch, dass infolge Absperrung des Sauerstoffes der Luft die Kohlen ausserordentlich viel langsamer abbrannten, als unter den gewöhnlichen Umständen. Ein Paar Kohlenstifte, welches bei Luftzutritt eine Brenndauer von 10 Stunden ergab, hielt bei der gleichen Stromstärke über 100 Stunden aus. Die Form der Kohlenenden wurde dabei anders, als bei gewöhnlichen Bogenlampen. Die obere Kohle höhlte sich nur ganz flach aus, während die untere ein ungefähr ebenso gekrümmtes, konvexes Ende bekam (vergl. Fig. 192).

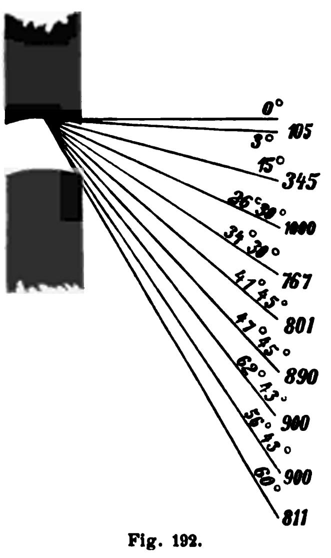


Fig. 192.

Gleichzeitig wurde das Regulierwerk so eingestellt, dass der Abstand der Kohlen bei 3 bis 4 Ampère Stromstärke dauernd etwa 10 *mm* be-

trug, d. h. 5 bis 7 mal soviel, als bei einer gewöhnlichen Bogenlampe für den gleichen Strom. Durch diese abnorme Länge des Lichtbogens wird zweierlei erreicht. Einmal steigt die Spannungsdifferenz zwischen den Kohlen auf etwa 80 Volt, sodass der Betrag an elektrischer Arbeit, welcher am Lichtbogen in Licht und Wärme umgewandelt wird, fast das Doppelte beträgt, wie bei einer offen mit der gleichen Stromstärke, aber nur etwa der halben Spannung brennenden gewöhnlichen Bogenlampe. Zweitens gelangt von dem Lichte, dass das obere (positive) Kohlenende aussendet, ein grösserer Teil ungehindert nach aussen, als bei kürzerem Lichtbogen, wo die schwächer leuchtende untere Kohle viel mehr im Wege steht. Infolgedessen nimmt die Zone des von der oberen Kohle direkt nach aussen gelangenden Lichtes einen grösseren Winkelraum ein, als bei geringer Lichtbogenlänge und die Lichtverteilung wird dadurch gleichmässiger (vergl. **81** und Fig. 192).


Fig. 193.

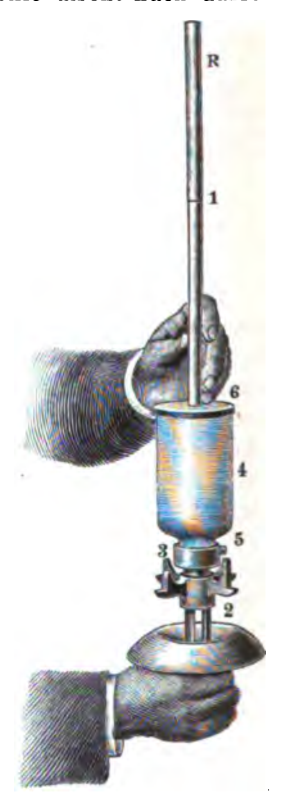


Fig. 194.

Konstruktion der **Jandus**-Lampe. Die Lampe wird von der »Kontinentalen Jandus-Elektrizitäts-Aktiengesellschaft« in Brüssel in den Handel gebracht. Die deutsche Fabrik befindet sich in Rheydt.

Sie zeigt, äusserlich betrachtet (Fig. 193), ein ziemlich langes Oberteil, das von einem verzierten Mantel umgeben und an welches eine Glocke von durchscheinendem Alabasterglase von etwa 30 *cm* Durchmesser nahezu luftdicht festgeschraubt ist. Zu diesem Zwecke besitzt die obere Öffnung der Glocke eine mit Asbestringen gedichtete Metallfassung. Diese enthält ein Muttergewinde, mit welchem sie mit dem Oberteile soweit verschraubt wird, bis ihre obere, eben geschliffene Fläche sich gegen eine gleichfalls abgeschliffene Fläche des Oberteiles presst. Die Glasglocke besitzt auch unten eine Öffnung, welche für gewöhnlich durch einen gewellten Blechring *v*, der sich federnd dagegen presst, möglichst dicht geschlossen ist. Aus diesem Verschlusse ragt nach unten ein Porzellanknopf heraus (vergl. Fig. 193). Dreht man diesen ein wenig, so wird ein Bajonettverschluss geöffnet und man kann das Verschluss-

blech nebst beiden Kohlen und der inneren kleinen Glasglocke herausnehmen, wie Fig. 194 veranschaulicht.

Im Inneren der grösseren Glocke ist nämlich eine zweite zylindrische Glocke *M*, ebenfalls aus Alabasterglas, angebracht, innerhalb deren der Lichtbogen sich befindet. Diese hat hauptsächlich den Zweck, das Licht noch mehr zu zerstreuen, als es durch die äussere Glocke allein geschehen würde. Infolge der beträchtlichen Länge des Lichtbogens und der parallelen, nahezu ebenen Gestaltung der Endflächen der beiden Kohlen steht der Lichtbogen nicht so ruhig, wie bei gewöhnlichen Bogenlampen, sondern wandert fast beständig umher. Er sucht stets die Stellen auf, an denen der Abstand der Kohlenflächen am kleinsten ist. Da dieser sich aber infolge des Abbrandes bald vergrössert, so wird der Bogen genötigt, weiter zu wandern. Dadurch wechselt die Lichtverteilung nach den verschiedenen Seiten fortwährend und das Licht würde bei nur einmaligem Durchgange durch mattes Glas zu unruhig erscheinen. Die innere Glocke vermehrt zugleich den Abschluss der Luft vom Lichtbogen, da sie oben und unten bis auf ziemlich enge Öffnungen geschlossen ist. Begreiflicherweise wird auf die beschriebene Art ein völlig luftdichter Abschluss des Lichtpunktes der Lampe nicht erreicht. Indessen ist dennoch die Zufuhr des Sauerstoffes der Luft zu den Kohlen soweit gehemmt, dass die schon genannte Brenndauer von 100 und mehr Stunden erzielt wird.

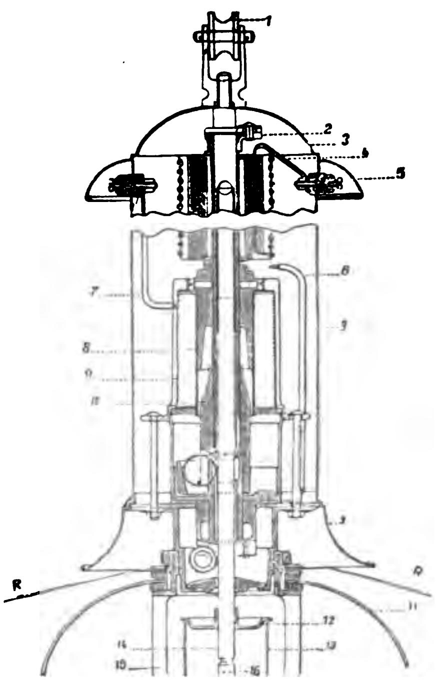


Fig. 195.

Das Oberteil der Lampe enthält eine Drahtspule nebst Eisenkern und Dämpfungszylinder, einen Vorschaltwiderstand, sowie Vorrichtungen, um der oberen Kohle den Strom zuzuleiten und sie gerade zu führen. Infolgedessen erhält das Oberteil eine so beträchtliche Länge, dass der Lichtpunkt der Lampe sich etwa 65 *cm* unter ihrem Aufhängepunkte befindet. Wie die nebenstehende Fig. 195 zeigt, sind alle genannten Teile einschliesslich des Eisenkernes der Spule im Inneren hohl. In diesem Hohlraume befindet sich lose die obere Kohle, welche etwa 30 *cm* Länge besitzt und mit ihrem oberen Ende in einem 12 *cm* langen, ebenfalls losen Messingrohr steckt. Sich selbst überlassen, sinkt die obere Kohle herab, bis sie die untere berührt. Sie gleitet an zwei Stellen, die sich etwa 10 *cm* übereinander befinden, zwischen messingenen Führungsrollen hindurch. Von diesen haben die unteren (sechs an der Zahl) den Zweck, ausser der Geradführung der Kohle auch den Strom zuzuleiten. Die (drei) oberen Rollen tragen ebenfalls zur Stromzufuhr bei, sind aber ausserdem bestimmt, die Kohle für gewöhnlich festzuhalten und nur dann für einen Moment freizugeben und ein Stückchen nach abwärts gleiten zu lassen, wenn infolge Abbrandes ein Zusammenschieben der Kohlen notwendig wird.

Zu diesem Zwecke sind die eben genannten Rollen am unteren Ende des Eisenkernes *C* befestigt, der mit seinem oberen Teile in die Drahtspule hineinragt. Sie sind durch einen Drahtring gezogen und können, da ihre innere Öffnung sehr weit ist, sich ein Stück auf- und ab-, sowie vor- und zurück-

bewegen. Für gewöhnlich gleiten sie durch Wirkung der Schwere soweit nach der Mitte, dass ihre Ränder sich berühren. Schiebt man die Kohle von unten nach oben ein, so gleiten die Ringe auseinander und lassen sie ungehindert hindurch. Lässt man jedoch alsdann die Kohle los, so wird sie bei passender Stellung des Eisenkernes von den Ringen festgehalten, da diese bei beginnender Abwärtsbewegung der Kohle durch Wirkung der Schwere nach der Mitte gleiten und sich mit ihren rauh gemachten äusseren Rändern gegen die Kohle pressen. Selbst durch kräftiges Ziehen gelingt es nicht, die Kohle nach unten zu bewegen.

Die Lampe arbeitet nun folgendermassen: Vor dem Einschalten sind die Kohlen in Berührung. Wird der Strom geschlossen, so zieht die im Hauptstrome liegende Drahtspule *B* den oben konisch zulaufenden Eisenkern *C* in sich hinein. Mit diesem werden die daran befestigten Messingringe emporgehoben und nehmen die Kohle mit. Wenn dann nach längerem Brennen die Stromstärke infolge Vergrösserung der Lichtbogenlänge abnimmt, sinkt der Eisenkern samt den Messingrollen allmählich nach unten. Dabei tritt ein feststehendes Messingrohr, welches die Kohle ein Stück weit umgibt, von unten zwischen die Ringe und drückt diese etwas auseinander, sodass die Kohle frei wird und ein wenig herabfällt. Dadurch steigt sofort der Strom, die Spule zieht den Eisenkern nach oben, das Messingrohr tritt nach unten zwischen den Ringen heraus, und letztere klemmen die Kohle wieder fest.

Die Bewegungen des Eisenkernes werden durch Luftdämpfung verzögert. Der Kern trägt unten einen Messingkolben von 85 *mm* Durchmesser, der in eine feststehende Bronzebüchse eingeschliffen ist. Ferner ist zu bemerken, dass, um eine kräftige magnetische Wirkung der Spule zu erzielen, diese aussen mit einem Eisenmantel umgeben ist, von dem sich ein ausgehöhltes Ansatzstück *A* von oben auch noch etwas in den Innenraum der Spule erstreckt.

Der Stromlauf geht von der mit + bezeichneten Klemme durch die Drahtspule, von da zu deren Eisenmantel und zu den Messingrollen, durch diese zur oberen Kohle, durch die untere Kohle zu der unteren Hälfte des Gestelles, die von der oberen durch Glimmerzwischenlagen isoliert ist, von da durch den Vorschaltwiderstand zur anderen Polklemme. Der Vorschaltwiderstand *R*, in Form einer Spirale aus Neusilberdraht, die auf einen 13 *cm* hohen Porzellanzylinder gewickelt ist, befindet sich im obersten Teile der Lampe. Der äussere Blechmantel ist oben mit einer Reihe Löchern versehen, durch welche die im Vorschaltwiderstande entwickelte Wärme unmittelbar den Weg ins Freie findet. Der Widerstand ist so bemessen, dass er mit der Lampe zusammen etwa 110 Volt verbraucht.

Die etwa 15 *cm* lange untere Kohle steckt fest in einem federnden Halter, der sich unmittelbar über dem unteren Blechverschluss der grossen Glasglocke befindet und mit diesem samt der unteren Kohle herausgenommen werden kann. Beide Kohlen sind Homogenkohlen von gleichem Durchmesser, der bei der 3 Ampère-Lampe 10 *mm*, bei 4 Ampère 13 *mm* beträgt. Mit dem allmählichen Abbrennen der unteren Kohle sinkt der Lichtpunkt der Lampe immer weiter nach unten. Die Geradeführung der oberen Kohle wird, ausser durch die beiden erwähnten Gruppen von Messingrollen, noch durch mehrere im Oberteile der Lampe angebrachte Messinghülsen, sowie durch einen Porzellan- und einen Bronzering bewirkt.

Die Jandus-Lampe wird von $2^1/_2$ Ampère aufwärts für eine Anzahl verschiedener Stromstärken bis 7 Ampère gebaut.

Was die Lichtausbeute der Jandus-Lampe betrifft, so liegen darüber Messungen von Wedding[1]) vor. Dieser untersuchte zwei Lampen für 3 und 4 Ampère und je 110 Volt, während dieselben mit beiden matten Glocken versehen waren. Er fand als mittlere räumliche Lichtstärke unterhalb der Horizontalen (vergl. **81**) 115

[1]) W. Wedding, ETZ 1897, S. 763.

bis 145 Kerzen für die Lampe von 3 Ampère und [illegible] bis [illegible] Kerzen für die Lampe von 4 Ampère. Eine allmähliche Abnahme der mittleren Lichtstärke konnte während [illegible] Brennstunden nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Wenn auch die innere Glocke sich mit Verbrennungsprodukten der Kohlen immer mehr beschlägt, so sitzt doch dieser Beschlag etwas oberhalb des Lichtbogens und vermag daher, zumal der Lichtpunkt immer tiefer rückt, das unterhalb der Horizontalen geworfene Licht nicht merklich zu schwächen.

Der »spezifische Verbrauch« der 3 Ampère-Lampe ergab sich im günstigsten Falle, da die Lampe nebst Vorschaltwiderstand 362 Watt verzehrte, zu $\frac{362}{145} = 2{,}50$ Watt pro Kerze der mittleren räumlichen Lichtstärke unterhalb der Horizontalen.

Zum Vergleiche wurde eine gewöhnliche Bogenlampe von ungefähr gleichem Wattverbrauch für 6 Ampère Stromstärke untersucht, welche ebenfalls mit der zugehörigen, ziemlich stark absorbierenden Glocke versehen war. Diese Lampe, welche bestimmt war, zu je zweien in Serie nebst Vorschaltwiderstand bei 110 Volt zu brennen, beanspruchte also 55 Volt und verbrauchte bei 5,69 Ampère 313 Watt. Die mittlere räumliche Lichtstärke unterhalb der Horizontalen wurde gefunden zu 171 Kerzen und sie verzehrte daher im Mittel $\frac{313}{171} = 1{,}83$ Watt pro Kerze.

Die mittlere Lichtausbeute pro Watt bei der Jandus-Lampe von 3 Ampère verhält sich daher zu der einer gewöhnlichen Bogenlampe von etwa gleichem Gesamtverbrauche wie 1,83 zu 2,50 oder wie 0,73 : 1,00.

Dagegen ist die Lichtverteilung auf die verschiedenen Winkelrichtungen bei der Jandus-Lampe gleichmässiger, als bei einer gewöhnlichen mit Glocke versehenen Bogenlampe. Insbesondere wird in horizontaler und in den wenig davon abweichenden Richtungen verhältnismässig viel Licht ausgestrahlt. Die Messungen ergaben, dass die maximale Lichtstärke bei Jandus durchschnittlich zwischen 20 und 40°, bei der gewöhnlichen Lampe zwischen 30 und 40° lag. Die Lichtstärke nach einigen anderen Richtungen, ausgedrückt in Prozenten der maximalen, betrug bei

	0°	60°	70°
Jandus-Lampe	75	48	40 %
Gewöhnl. Lampe	53	45	32 »

Ausserdem wird bei der Jandus-Lampe noch eine sehr beträchtliche Lichtmenge in den Winkelraum oberhalb der Horizontalen ausgestrahlt, geht also zur gewöhnlichen Beleuchtung fast ganz verloren, während die Lichtstärke der gewöhnlichen Lampen mit kurzem Lichtbogen oberhalb der Horizontalen ganz unbedeutend ist.

Nach dem Ausgeführten hat die geringere mittlere Lichtausbeute der Jandus-Lampe unterhalb der Horizontalen zum Teil in der zweimaligen Absorption in den beiden Glasglocken, zum Teil in dem erheblichen Lichtverluste nach oben ihren Grund. Die neueren Jandus-Lampen erhalten deswegen einen Reflektor, der im Inneren der grossen Glasglocke oberhalb des Lichtbogens angebracht wird, um das nach oben fallende Licht nach unten zu werfen. —

Im Sommer 1896 hat der Verfasser in ganz einfacher Weise festgestellt, ob die Jandus-Lampe bei gleichem Energieverbrauche mehr Licht ergäbe als gewöhnliche Bogenlampen (wie behauptet wurde) oder nicht. Vor einer weissen Wand war einerseits eine Jandus-Lampe von 4 Ampère, andrerseits in gleichem Abstande zwei in Serie geschaltete gewöhnliche, mit den zugehörigen matten Glocken versehene Bogenlampen, ebenfalls von 4 Ampère, aufgehängt. Die Spannung betrug beiderseits 110 Volt, die Stromstärke wurde so genau als möglich gleich gemacht. Zwischen der Jandus-Lampe und den beiden anderen war ein senkrechter schwarzer Schirm aufgestellt, der bis zur Wand reichte, von der die Lampen etwa $1^1/_2$ *m* entfernt hingen. Der weiter zurückstehende Beobachter konnte nun bequem die eine Wandhälfte, welche ihr Licht nur von der Jandus-Lampe empfing, mit der anderen von den gewöhnlichen Lampen beleuchteten vergleichen.

Wenn auch die von der Jandus-Lampe beleuchtete Wand die gleichmässigere Lichtverteilung zeigte, so erschien sie doch in allen Teilen merklich weniger hell, als die andere Hälfte.

Aus den vorstehenden Ausführungen ergeben sich als hauptsächliche Vorzüge der Jandus-Lampe:

1. die ungewöhnlich lange Brenndauer mit der daraus resultierenden Ersparnis an Bedienung und an Kohlen.

2. Die gleichmässigere Lichtverteilung, welche für manche Zwecke besonders erwünscht ist.

3. Die Möglichkeit, die Lampe bei 100 bis 110 Volt einzeln ohne erhebliche Stromvergeudung brennen zu können.

Dem gegenüber sind als Mängel der Lampe zu nennen: das etwas unruhige Licht und die, mit gewöhnlichen Lampen verglichen, geringere Lichtausbeute.

Alles in allem kann jedoch nicht geleugnet werden, dass die Bogenlampe mit dicht abgeschlossenem Lichtbogen einen Fortschritt auf dem Gebiete der Bogenlichtbeleuchtung bedeutet. Sie hat sich daher auch in solchen Fällen, wo ihre Vorzüge besonders zur Geltung kommen, während die genannten Nachteile weniger ins Gewicht fallen, schon vielfach eingebürgert.

Nach dem Vorgange von Jandus bauen auch zahlreiche deutsche

Firmen ähnliche sog. Dauerbrandlampen. Selbstverständlich können diese mit irgend einer Art Regulierwerk, sowie mit jeder gebräuchlichen Schaltung der Drahtspulen versehen werden. Fig. 196 gibt z. B. die äussere Ansicht einer Dauerlampe von Körting & Mathiesen mit Differentialschaltung.

In neuerer Zeit schaltet man bei 220 Volt Betriebsspannung 2 Dauerbrandlampen, bei 440 Volt 4 solche hintereinander. Um auch bei offen brennendem Lichtbogen die Annehmlichkeit zu haben, die Lampen bei 110 Volt einzeln aus- und einschalten zu können, bauen Körting & Mathiesen sogen. Doppelbogenlampen, d. h. Bogenlampen mit zwei in Serie brennenden Kohlepaaren und mit zwei Regulierwerken, von denen jedes ein Paar Kohlen beeinflusst.

Noch zu erwähnen ist die sogen. »**Regina-Bogenlampe**« von der Regina-Bogenlampen-Fabrik in Köln, eine Dauerbrandlampe, deren Regulierwerk und sonstige Einrichtung der der Jandus-Lampe sehr ähnlich ist. Wedding fand jedoch eine höhere Lichtausbeute bezw. geringeren spezifischen Stromverbrauch, als bei anderen Dauerlampen. Die mit den zugehörigen Glocken versehene Regina-Lampe verbrauchte pro Kerze der mittleren räumlichen Lichtstärke unterhalb der Horizontalen nur etwa 1,07 Watt, d. h. weniger als die Hälfte dessen, was derselbe Beobachter früher bei der Jandus-Lampe gefunden hatte.

Die Veröffentlichungen der Firma lassen die Grundursache dieser günstigeren Lichtausbeute nicht klar erkennen. Donath[1]), der die Lampe ebenfalls untersucht hat, fand, dass der Lichtbogen nicht wie bei anderen Lampen kaum leuchtete, sondern ein helles Licht ausstrahlte. Er ist der Meinung, dass es sich dabei wegen starker Verdünnung der erhitzten Luft in der inneren Glocke um eine ähnliche Erscheinung wie bei Geissler'schen Röhren handle.



Fig. 196.

---

[1]) Donath, ETZ 1902, S. 220.

91. Schaltung der Bogenlampen. Wenn auch im vorstehenden die Schaltung von Bogenlampen unter verschiedenen Verhältnissen mehrfach berührt worden ist, so erscheint doch eine übersichtliche kurze Zusammenstellung nach dieser Richtung wünschenswert.

Es kommen dabei verschiedene Umstände in Betracht: die Anzahl der erforderlichen Lampen, die Höhe der Betriebsspannung, der Wunsch, einzelne Lampen oder Lampengruppen beliebig ausschalten zu können, die mehr oder weniger günstige Ausnutzung der elektrischen Energie, endlich die Rücksicht auf die Leitungskosten bezw. auf die zu überwindenden Entfernungen.

Im folgenden ist angegeben, welche Schaltungen unter den verschiedenen häufiger vorkommenden Verhältnissen anwendbar sind und welche Vorzüge und Nachteile sie mit sich bringen. Dabei wurde von der Art der Bogenlampe (ob Hauptstrom-, Nebenschluss- oder Differentiallampe) ausgegangen.

1. Hauptstromlampe. Nur zur Einzel-Parallelschaltung geeignet. Betriebsspannung bei offen brennendem Lichtbogen 65 Volt, bei dicht abgeschlossenem Bogen (Dauerbrandlampe) ca. 110 Volt. In beiden Fällen ist ein Vorschaltwiderstand erforderlich, in welchem bei offenem Lichtbogen 20 bis 25 Volt oder 30 bis 40 % der aufgewendeten elektrischen Energie, bei abgeschlossenem Bogen 25 bis 30 Volt oder 23 bis 27 % der Energie verloren gehen. Jede Lampe ist für sich unabhängig aus- und einschaltbar. Mehrere parallel brennende Lampen können verschiedene Stromstärke, also auch verschiedene Lichtstärke haben.

2. Nebenschlusslampe. Geeignet zur Einzel-Parallelschaltung, sowie zur Hintereinanderschaltung in Serien von mässiger Lampenzahl. Beträgt die Betriebsspannung 65 Volt, so liegen dieselben Verhältnisse vor wie bei der Hauptstromlampe unter gleichen Umständen. Bei 110 Volt können zwei Lampen mit offenem Lichtbogen hintereinander brennen. In dem erforderlichen Vorschaltwiderstande werden 25 bis 35 Volt oder 23 bis 32 % der aufzuwendenden Energie verzehrt. Die Lampen lassen sich nur paarweise ein- und ausschalten. Die Lampen eines Paares besitzen gleiche Stromstärke und Spannung, daher gleiche Lichtstärke. Bei verschiedenen Paaren können Lampen verschiedener Lichtstärke brennen. Bei der (selten vorkommenden) Spannung von 150 Volt können die Lampen in Serien von je 3 Stück mit entsprechendem Vorschaltwiderstand geschaltet werden. Bei 220 Volt können Gruppen von je 4 hintereinander geschalteten Lampen gebildet werden. (Bei Serien von 5 Lampen wird das Licht unruhig.) Der erforderliche Vorschaltwiderstand verzehrt 60 bis 70 Volt oder ca. 30 % der aufgewandten Energie. Es lassen sich immer nur 4 Lampen gleichzeitig schalten, und diese besitzen unter sich gleiche Lichtstärke. Um zu verhüten, dass bei einer Störung an einer Lampe (Nichtarbeiten des Regulierwerkes, Abbrennen der Kohlen) die übrigen Lampen der Gruppe mit ausgehen und dass die Nebenschlussspule der störenden Lampe verbrennt, kann man jede Lampe mit einem selbsttätigen Umschalter versehen, welcher in den genannten Fällen an Stelle der Lampe einen Ersatzwiderstand einschaltet.

Die Nebenschlusslampe kann auch als Dauerlampe ausgeführt werden, sodass sie nebst ihrem Vorschaltwiderstande bei 110 Volt mit nur mässigem Energieverluste einzeln schaltbar ist.

3. Differentiallampe. Eignet sich zur einzelnen und gruppenweisen Parallelschaltung. Bei 110 Volt werden gewöhnlich nur 2 Lampen in Serie geschaltet, sodass der Verlust im Vorschaltwiderstande der nämliche ist wie bei der Nebenschlusslampe. Bei 220 Volt können jedoch 5 Lampen in Serie brennen, sodass im Vorschaltwiderstande nur etwa 30 Volt oder 15 % der aufgewendeten Energie verloren gehen. Um zu verhindern, dass bei mangelhaftem Funktionieren oder Steckenbleiben des Regulierwerkes einer Lampe die Nebenschlussspule derselben verbrenne, muss bei Betriebsspannungen von mehr als 110 Volt jede Gruppe mit einem selbsttätigen Minimalausschalter versehen sein.

In neuerer Zeit werden besondere Differentiallampen gebaut, welche bei 110 Volt zu dreien hintereinander geschaltet werden können. Da kein Vorschaltwiderstand erforderlich ist, so wird die ganze aufgewendete Energie ausgenutzt. Nur zum Einschalten einer solchen Gruppe ist ein sogen. Anlasswiderstand erforderlich, der während der ersten Minuten, wo die Lampen mit

einer geringeren als der normalen Spannung brennen, ein zu hohes Ansteigen der Stromstärke verhindert und dann stufenweise wieder ausgeschaltet wird. Bei 220 Volt können 6 derartige Lampen ohne Vorschaltwiderstand brennen.

Die Differentiallampe eignet sich ferner zur Hintereinanderschaltung in grösseren Reihen (bis zu 50 Lampen und mehr). In diesem Falle muss bei grossen Serien jede Lampe mit einer selbsttätigen Kurzschlussvorrichtung versehen sein, welche beim Ausbrennen der Kohlen und beim Nichtarbeiten des Regulierwerkes in Tätigkeit tritt. Wenn nicht mehr als 8 bis 10 Lampen in Serie brennen, werden die Lampen, an Stelle des selbsttätigen Kurzschliessers, besser mit einem automatischen Umschalter versehen, der unter den genannten Umständen an Stelle der Lampe einen Ersatzwiderstand einschaltet. Derartige Lampenserien erfordern keinen Vorschalt-, höchstens einen nach wenigen Minuten auszuschaltenden Anlasswiderstand. Alle Lampen einer Reihe besitzen gleiche Lichtstärke. Einzelne Lampen einer Serie können nur durch Kurzschliessen oder, indem man sie durch einen Widerstand ersetzt, ausgeschaltet werden. Normal brennen stets alle Lampen einer Serie.

Wird bei der Differentiallampe der Lichtbogen dicht abgeschlossen (Dauerbrandlampe), so ermöglicht sie es, bei 220 Volt 2, bei 440 Volt 4 Lampen in Serie zu schalten, wobei im Vorschaltwiderstande stets nur 25 bis 30 % der aufgewandten Energie verloren gehen. —

(Ausführlicheres über Bogenlichtschaltungen findet sich in dem trefflichen Werke von Körting & Mathiesen: »Das Bogenlicht und seine Anwendung«. Vergl. ferner Zeidler, ETZ 1899, S. 241. — Wedding, ebenda, S. 65 u. 263. — Mathiesen, ebenda, S. 589.)

92. Neuere Fortschritte der Bogenlicht-Beleuchtung. Nachdem die Verbesserungen auf dem Gebiete der Bogenlampen sich — mit alleiniger Ausnahme der Erfindung der Dauerbrandlampe — viele Jahre lang ausschliesslich auf Vervollkommnung des Regulierwerkes beschränkt hatten, trat H. Bremer in Neheim a. d. Ruhr 1900 mit einer Neuerung hervor, durch die er die Farbe des Lichtes sowie die Lage und Gestalt des Lichtbogens veränderte und zugleich die Ökonomie des Bogenlichtes wesentlich erhöhte.

Bremer setzt zunächst der positiven Kohle Salze,[1]) besonders Fluorcalcium (Flussspat) zu. Dadurch erhält die Farbe des Lichtes einen gelblich-rötlichen, also wärmeren Ton, der dem Auge angenehmer ist als das am Abend bläulich-violett und kalt erscheinende Bogenlicht zwischen gewöhnlichen Kohlen. Gleichzeitig wird der Flammenbogen, der unter gewöhnlichen Umständen nur wenig Licht aussendet, durch den Metalldampf des Calciums hell leuchtend und die Spannung zwischen den Kohlen sinkt, sodass man diese bei gleicher Spannung und Stromstärke weiter auseinander ziehen kann als sonst. Auf diese Art steigt bei gleichem Energieaufwande die Lichtausbeute im ganzen, während gleichzeitig die Verteilung des Lichtes eine gleichmässigere wird (vergl. **81** und **90**).

Ferner stellt Bremer, abweichend von der bisherigen Weise, die Kohlenstifte nicht über-, sondern nebeneinander, ein wenig schräg zueinander geneigt. Der Lichtbogen geht zwischen den unteren Enden der beiden Kohlen in horizontaler Richtung über. Der Bogen und die glühenden Enden der Kohlen senden ihr Licht ungehindert nach unten, da sich keinerlei Gestänge oder sonstige schattengebende Teile darunter befinden. Durch die elektrodynamische Wirkung des durch die beiden nebeneinander stehenden Kohlen und den Lichtbogen fliessenden Stromes wird der Lichtbogen an den Kohlenspitzen etwas nach aussen getrieben, welche Wirkung noch durch die Pole eines in der Nähe angebrachten Elektromagnetes in regulierbarer Weise verstärkt werden kann. Dadurch breitet sich der langgezogene Lichtbogen zu einer fächerartigen Flamme aus (Fig. 197), von der ein intensives Licht nach unten strahlt. Die Enden der Kohlen sind von einem 35—40 *mm* hohen konischen Reflektor aus Blech umgeben, der sich nach oben soweit verengert, dass er die Kohlen ziemlich dicht umgibt. Dieser hält die Wärme zusammen und hindert teilweise den

---

[1]) Schon vor 20 Jahren hat man mit Salzen getränkte Kohlen versuchsweise angewendet, jedoch ohne praktischen Erfolg.

an den Kohlen aufsteigenden warmen Luftstrom, wodurch der Abbrand vermindert wird (vergl. **83**). Ferner schlagen sich an seiner Innenwand Verbrennungsprodukte der salzgetränkten Kohlen in Gestalt eines weissen Staubes nieder, der von dem nach oben geworfenen Lichte reichlich zurückstrahlt.

Die Kohlen stecken in zwei langen, unter etwa 20° gegeneinander geneigten Messingröhren, die sich nach oben bis über die Kappe des Schutzgehäuses erstrecken und hier durch aufklappbare Deckel geschlossen sind. Beide sind Dochtkohlen. Die positive enthält etwa 20% Fluorcalcium. Für 9 Ampère beträgt der Durchmesser der positiven Kohle 8—9, der der negativen 6—7 *mm*. Durch die Grundplatte des Werkgehäuses treten die Enden der Kohlen um etwa 25 *mm* nach unten heraus. An der Unterseite der Grundplatte befinden sich ferner die Polschuhe des »Blasmagnetes«, von denen der eine Halbkreisform hat. Diese treiben die Flamme des Lichtbogens etwa bis zur Unterkante des konischen Reflektors.

Die Bremer-Lampe ist eine Hauptstromlampe. Das Regulierwerk enthält drei Elektromagnete, einen zum Umschalten, einen zum Zünden und den bereits erwähnten Blasmagnet, sowie ferner einen Ersatzwiderstand. Bei stromloser Lampe sind zwischen deren Klemmen der Schaltmagnet und der Ersatzwiderstand und parallel damit der Zündmagnet eingeschaltet. Wird Strom gegeben, so zieht der Schaltmagnet seinen Anker heran und hält ihn fest, wobei der Ersatzwiderstand aus- und der Blasmagnet eingeschaltet wird. Gleichzeitig entzündet der Zündmagnet den Lichtbogen in der noch zu beschreibenden Weise, worauf er sich einen Moment kurzschliesst und dann ausgeschaltet wird. Während des Brennens bleiben der Schalt- und der Blasmagnet dauernd eingeschaltet.

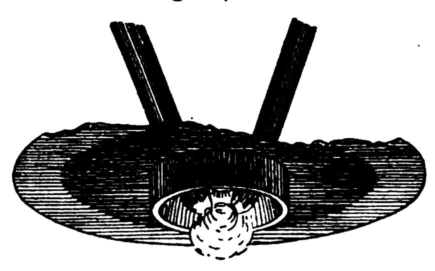


Fig 197.

Für gewöhnlich sind beide Kohlen durch Klemmbacken festgehalten. Erhält aber der Zündmagnet Strom, so bewegt dessen Anker ein schuhartiges Kupferstück, den sogenannten Zünder, in horizontaler Richtung. Der Zünder sitzt unterhalb der Grundplatte und kann sich eben noch frei unter den Spitzen der Kohlen vorbeibewegen. Bewegt er sich aber so, so werden durch Hebelgelenke gleichzeitig die erwähnten Klemmbacken gelockert, und beide Kohlen fallen durch ihre Schwere etwas nach unten, bis sie mit ihren Spitzen den Zündschuh berühren. Dieser stellt leitende Verbindung zwischen den Kohlen her. Gleichzeitig wird aber die Wickelung des Zündmagnetes kurz geschlossen, der Zündschuh geht zurück und gibt die Enden der Kohlen frei, zwischen denen der Strom nun als Lichtbogen übergeht, während die Klemmbacken sich wieder fest an die Kohlenstifte pressen. In der nämlichen Weise geschieht auch das Regulieren der Lampe. Dies erfolgt nur alle 30—45 Minuten und ist nach dem Gesagten von einem momentanen Erlöschen der Lampe begleitet, das sich jedoch nur als kurze Zuckung äussert. Den Anlass zum Regulieren gibt die Abnahme der Stromstärke, welche mit zunehmendem Abbrennen der Kohlen infolge Längerwerden des Lichtbogens eintritt. Dadurch lässt der Schaltmagnet seinen Anker los und schaltet damit den Zündmagnet ein, der nun in der beschriebenen Weise funktioniert. Es sei noch bemerkt, dass der Blasmagnet eine Differentialwickelung besitzt.

Die Bremer'sche Lampe verzehrt für sich allein 43—44 Volt und brennt, mit entsprechendem Vorschaltwiderstande, bei 110 Volt zu zweien, bei 220 Volt zu vieren in Serie. Ein Kohlenpaar von ca. 400 *mm* Länge und den oben angegebenen Querschnitten ergibt bei 9 Ampère eine Brenndauer von etwa $6^1/_2$ Stunden.

Aus der mit Salzen getränkten Kohle entwickeln sich weisse Dämpfe in reichlicher Menge. Diese finden durch seitliche Öffnungen in der Armatur

zum Teil ihren Ausweg, sind aber auch von dem Regulierwerke, das gegen den Lichtbogen zu nur unvollkommen abgeschlossen ist, nicht ganz abzuhalten, sodass dessen Teile sich mit einem weissen Beschlage überziehen. Die Lampe brennt ferner nicht so ruhig, wie eine gewöhnliche Bogenlampe, da der lange Lichtbogen schon auf unbedeutende Schwankungen der Stromstärke stark reagiert, sowie ferner wegen des erwähnten starken Zuckens beim Regulieren. Sie ist daher wesentlich nur zur Verwendung im Freien geeignet.

Über die Lichtausbeute und Verteilung des Lichtes hat Wedding[1]) sorgfältige Messungen angestellt. Er fand bei einer offen brennenden Lampe für 12 Ampère und ca. 44 Volt die Lichtstärke zwischen 40° und 90° unterhalb der Horizontalen fast gleichmässig. Sie betrug hier über 6000 Kerzen und nahm aufwärts zur Horizontalen bis 1000 Kerzen ab. Die mittlere räumliche Lichtstärke unterhalb der Horizontalen betrug 4320 Kerzen und der spezifische Energieverbrauch

$$\frac{546}{4320} = 0{,}126 \text{ Watt pro Kerzenstärke.}$$

Dies ist höchstens der dritte Teil dessen, was gewöhnliche Bogenlampen bei gleicher Stromstärke verbrauchen (vergl. **81**).

Dieselbe Lampe, mit einer matten Glocke versehen, zeigte eine noch gleichmässigere Lichtverteilung und verbrauchte pro Kerze der mittleren hemisphärischen Lichtstärke, welche 2770 Kerzen betrug, knapp 0,2 Watt.

Bei einer Lampe für sehr grosse Lichtstärke, welche vier (bei 220 Volt in Serie schaltbare) Lichtbögen von 60 Ampère nebeneinander enthielt, fand Wedding eine mittlere räumliche Lichtstärke unterhalb der Horizontalen, bei offen brennender Lampe, von 49700 Kerzen und einen spezifischen Verbrauch von 0,1 Watt pro Kerze. Bei Anwendung einer matten Glocke sank die hemisphärische Lichtstärke auf 27900 Kerzen und der spezifische Verbrauch stieg auf 0,17 Watt pro Kerze.

Nach dem Vorgange von Bremer bauen jetzt verschiedene Firmen Bogenlampen für die Verwendung von salzhaltigen Kohlen, die unter dem Namen »Flammenbogenlampen« zunehmende Verwendung finden, jedoch ausschliesslich im Freien. Es seien z. B. genannt die Flammenbogenlampen von Körting & Mathiesen, Siemens & Halske und der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft. Diese geben den Kohlen teilweise verschiedenartige Zusätze, um andere Farbentöne des Lichtes als den intensiv gelben von Bremer hervorzubringen, besonders einen leicht rötlichen Ton, sowie (für Illuminationen) rot.

Über die Flammenbogenlampe von Körting & Mathiesen mögen noch einige Angaben, nach Beobachtungen des Verfassers, folgen. Die Kohlen (beides Dochtkohlen) stehen hier senkrecht übereinander, wie bei gewöhnlichen Lampen. Die obere, positive, ist etwas schwächer als die untere und zwar betragen die Durchmesser bei der

Lampe für	obere Kohle	untere Kohle
7 Ampère	7 *mm*	8 *mm*
9 »	8 »	9 »
12 »	10 »	11 »

Die obere Kohle ist normal 265 *mm*, die untere 235 *mm* lang.

An der Stelle, wo der Lichtbogen entsteht, ist ein sogenannter Sparer zwischen den Stangen der Lampe angebracht. Dieser besteht aus einer runden, gusseisernen Platte mit einem Fortsatz nach unten, der die Form einer nach unten offenen hohlen Halbkugel hat. Der halbkugelige Hohlraum besitzt ein Futter aus feuerfester Tonmasse und hat nach oben eine enge Öffnung, durch welche das Ende der oberen Kohle isoliert hindurchzugehen vermag. Der Lichtbogen entsteht etwa in der Höhe des unteren Randes der hohlen Halbkugel, deren weisses Tonfutter das Licht kräftig nach unten strahlt. Das Futter ist unten 45 *mm* im Lichten weit.

[1]) Elektrotechn. Zeitschr. 1900, S. 546. — Vergl. auch E T Z 1901, S. 304.

Das Regulierwerk dieser Lampe ist dem der früher beschriebenen F-Lampe derselben Firma (88) fast gleich, nur enthält es noch einen im Hauptstrome liegenden Zünd-Elektromagnet zum Bilden des Lichtbogens. An dem, wie bei der F-Lampe drehbaren Gestell des Laufwerkes sitzt ein Anker, dessen äussere Fläche bogenförmiges Profil hat und den nebeneinander befindlichen, ebenfalls bogenförmig ausgerundeten Polen des Zünd- und des Nebenschluss-Elektromagnetes gegenübersteht und also von beiden beeinflusst wird. Die Lampe kann daher als eine Differentiallampe angesehen werden. Bewegt sich der Anker nach dem Hauptstrom-Elektromagneten hin, so ist die Drehung des Laufwerkrahmens derart, dass die Kohlenhalter auseinander gezogen werden, während die Anziehung des Ankers durch den Nebenschlussmagnet sie zusammenführt. Die Gegenkraft gegen die Anziehung des Nebenschlussmagnetes bildet ein regulierbares Gewicht.

Die Lampe wird für die Stromstärken 7, 9 und 12 Ampère gebaut. Als Klemmenspannungen und Lichtstärken bei offenem Lichtbogen gibt die Firma an:

Stromstärke Ampère	Klemmenspannung Volt	Lichtstärke H.-Kerzen
7	41	1300
9	43	1700
12	43	2100.

Die Länge des Lichtbogens, der sich also in senkrechter Richtung erstreckt, beträgt bei dieser Lampe bei normalem Brennen 12—14 *mm*. Beim jedesmaligen Nachregulieren, welches in Pausen von 1—3 Minuten erfolgt, werden die Kohlenspitzen um 2—3 *mm* einander genähert. Die Abnahme der Spannung beträgt dabei durchschnittlich 5 Volt oder 12%, die Zunahme der Stromstärke 5—6%. Die Änderung der Lichtstärke ist daher ziemlich erheblich. Ausserdem finden fast fortwährende Schwankungen der Spannung um 1—3 Volt, verbunden mit Lichtschwankungen statt, da der lange Lichtbogen unruhig ist. Die Lampe entwickelt mässig Dämpfe, welche den Sparer weiss beschlagen und durch seitliche Öffnungen in der Armatur zum Teil ihren Ausweg finden.

Infolge der grossen Länge des Lichtbogens und weil dieser selbst stark leuchtet, ist die Lichtverteilung nach verschiedenen Richtungen eine weit gleichmässigere als bei gewöhnlichen Lampen. Die matte Glasglocke einer Flammenbogenlampe erscheint daher in allen ihren Teilen gleich hell, in intensivem Lichte strahlend.

In jüngster Zeit hat Wedding noch eine eingehende Untersuchung über Flammenbogenlicht verschiedener Art veröffentlicht,[1]) deren wichtigste Ergebnisse im folgenden zusammengefasst sind.

Das Flammenbogenlicht wurde bei zwei Stellungen der Kohlen nebeneinander (wie bei Bremer) und übereinander (wie bei Körting & Mathiesen, Siemens & Halske u. a.) untersucht. Der Lichtbogen brannte stets offen, d. h. ohne Glocke und dicht unter einem innen halbkugeligen sogenannten Sparer aus Chamotte. Die Stromstärke betrug bei allen Versuchen 9 Ampère. Alle Kohlen waren Dochtkohlen.

Bei den Versuchen mit nebeneinander stehenden Kohlen enthielt nur die positive (Durchmesser 8 *mm*) Zusätze, die negative (Durchmesser 7 *mm*) war eine gewöhnliche Kohle. Bei einem Versuche enthielt auch die positive keinen Zusatz und die Spannung zwischen den Kohlen betrug 60 Volt, während bei getränkter positiver Kohle die Spannung bei gleicher Lichtbogenlänge nur ca. 45 Volt war. Beide Kohlen wurden von Hand ganz allmählich nachgeschoben.

Der Zusatz zur Masse der positiven Kohle bestand aus Fluorcalcium (Flussspat) und betrug bei verschiedenen Versuchsreihen zwischen 8 und 40%. Das Maximum der Lichtstärke lag stets senkrecht nach unten (90° zur Horizontalen) und, wie Fig. 198 zeigt, wird ein breiter Winkelraum stark erleuchtet. Die Abbildung stellt den Verlauf der Lichtstärke nach den verschiedenen Winkel-

[1]) Wedding, Über Flammenbogenlicht. Elektrotechn. Zeitschr. 1902, S. 702.

richtungen unterhalb der Horizontalen bei den Versuchen mit verschieden stark getränkter positiver Kohle dar. Die mittlere räumliche Lichtstärke unterhalb der Horizontalen (»mittlere hemisphärische Lichtstärke«) und der Energieverbrauch in Watt pro Kerze war bei verschiedenen Beträgen des Zusatzes:

Zusatz an Flussspat in Prozenten	Mittl. hemisphär. Lichtstärke H.-Kerzen	Spezifischer Verbrauch in Watt pro Kerze
0	1173	0,458
8	1728	0,232
15	2505	0,162
20	2808	0,144
30	3321	0,122
40	3574	0,113

In Fig. 199 ist die Abhängigkeit des mittleren spezifischen Stromverbrauches von dem Betrage des Flussspat-Zusatzes zur positiven Kohle als Kurve aufgetragen. Wedding ist mit Recht der Ansicht, dass ein Zusatz von 15% genügt, da bei weiterer Erhöhung der spezifische Stromverbrauch nur

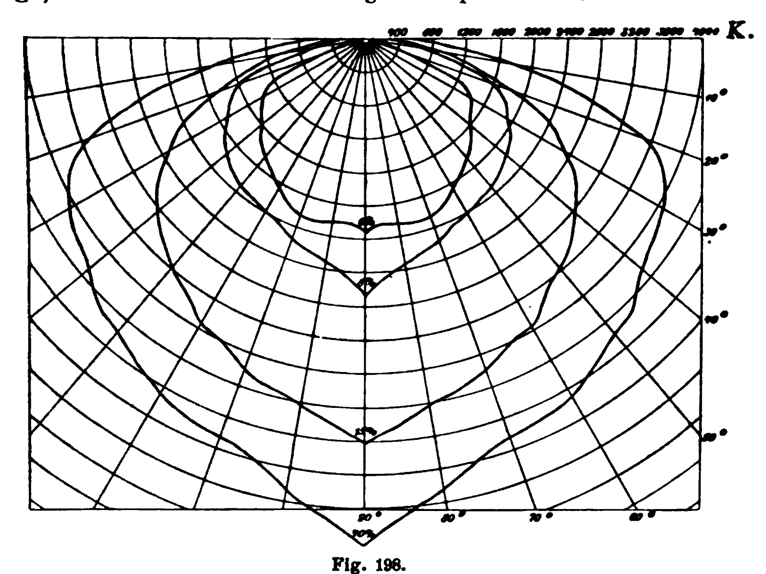


Fig. 198.

noch langsam sinkt, dagegen die Unruhe des Lichtbogens, die Bildung von Dämpfen und von Schlacke, das Abtropfen glühender Teile und andere störende Erscheinungen stark zunehmen.

Von anderen Zusätzen als Flussspat hat Wedding solche von Strontium- und Baryum-Verbindungen untersucht. Erstere ergeben ein rotes, letztere ein schmutzig-weisses Licht von grünlichem Ton. Er fand in beiden Fällen die Lichtausbeute gegenüber Flussspat-Zusatz wesentlich verschlechtert, bei rotem Lichte schon nicht mehr höher als bei Kohlen ohne jede Beimengung, bei mit Baryum-Verbindungen getränkter Kohle noch etwas geringer.

Bei den Versuchen mit übereinander stehenden Kohlen war zunächst nur die obere, positive, Kohle mit Flussspat in wechselnden Verhältnissen vermischt. Der Durchmesser der oberen Kohle betrug 8 *mm*, der der unteren 9 *mm*. Bei einem Zusatz von 7% Flussspat zur oberen Kohle ergab sich eine wesentlich andere Lichtverteilung, als bei nebeneinander stehenden Kohlen, wie Fig. 200 zeigt. Ein breites Maximum der Lichtstärke

erstrekt sich von etwa 30° bis etwa 80°. Senkrecht nach unten sowie in horizontaler Richtung fällt nur sehr wenig Licht. Bei 9 Ampère und etwa 42 Volt war die mittlere hemisphärische Lichtstärke (wiederum ohne Glocke) 1300 Kerzen und der spezifische Energieverbrauch 0,296 Watt pro Kerze. Wenn beiden Kohlen ein Zusatz von 7% Flussspat gegeben wurde, stieg unter sonst gleichen Umständen die mittlere Lichtstärke auf 1970 Kerzen und der spezifische Verbrauch sank auf 0,193.

Wie Fig. 198 und 200 zeigen, ist die Lichtverteilung bei den beiden benutzten Anordnungen der Kohlen eine wesentlich verschiedene. Wenn auch bei Stellung der Kohlen nebeneinander ein günstigerer spezifischer Stromverbrauch bezw. höhere Lichtausbeute erreicht wird, so weist Wedding doch nach, dass, wo es sich um die Erhellung grösserer Bodenflächen handelt, die Anordnung der Kohlen senkrecht übereinander den Vorzug verdient, weil der Unterschied in der Beleuchtung der Stellen senkrecht unter der Lampe und den entfernteren Partien nicht so gross ist. Die Anwendung matter Glasglocken wirkt hierfür bei der letztgenannten Stellung der Kohlen noch günstig ausgleichend, weil sie bewirkt, dass auch senkrecht nach unten genügend Licht fällt.

Bei verschiedener Lichtbogenspannung und Stellung der Kohlen übereinander fand Wedding folgende Beträge für die mittlere Lichtstärke und den spezifischen Verbrauch, immer bei 9 Ampère Stromstärke und 7% Flussspat-Zusatz zur oberen Kohle:

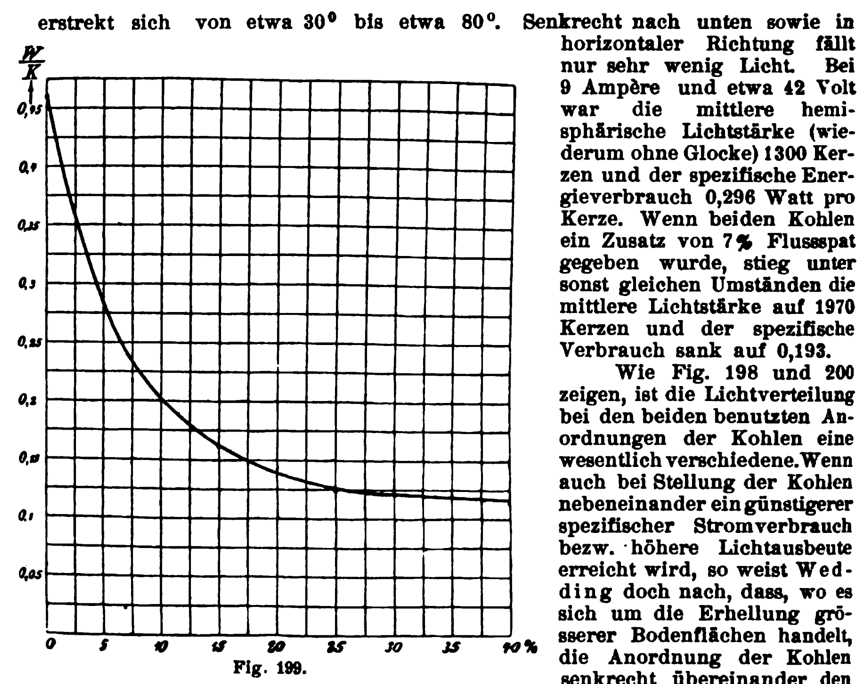


Fig. 199.

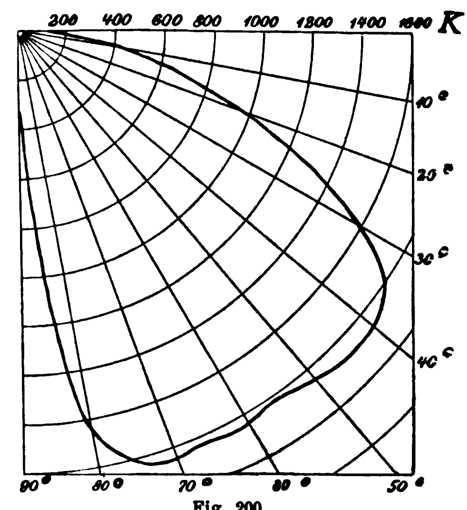


Fig. 200.

Spannung zwischen den Kohlen Volt	Mittl. hemisphär. Lichtstärke H.-Kerzen	Spezifischer Verbrauch Watt pro Kerze
37,2	1055	0,318
40,7	1153	0,318
42,8	1300	0,296
47,3	1561	0,273

Auch den Anteil, welchen der bei Salzzusatz leuchtende Flammenbogen allein an der gesamten Lichtentwickelung hat, hat Wedding bei nebeneinander stehenden Kohlen untersucht und gefunden, dass der Lichtbogen etwa $^1/_4$ der gesamten Lichtstärke liefert, während es bei ungetränkten Kohlen höchstens 5% sind.

In den Dämpfen, welche die mit Flussspat getränkten Kohlen aussenden, wurde weder Fluor noch Bor in irgend einer Verbindung gefunden, sodass sie als ziemlich unschädlich angesehen werden können.

Wedding hält das Flammenbogenlicht für nur im Freien verwendbar und zur Beleuchtung grosser Plätze und breiter, langer Strassenzüge besonders geeignet.

Auf einem anderen Wege hat E. Rasch[1]) eine Vervollkommnung des Bogenlichtes versucht. Angeregt durch die von Nernst erfundene sogenannte elektrolytische Glühlampe (vergl. **99**) benutzt er als Elektroden an Stelle der Kohlenstifte Stäbchen aus Magnesia, Kalk u. dergl., die ev. mit seltenen Erden (Thoroxyd, Zirkonerde etc.) gemischt werden. Diese und ähnliche bei gewöhnlicher Temperatur nichtleitende Substanzen haben die Eigenschaft, beim Erhitzen zu Leitern des Stromes zu werden, wie unter **99** näher erläutert wird. Zugleich sind es die schwerschmelzbarsten von allen bekannten Körpern, vertragen also ausserordentlich hohe Temperaturen. Lässt man zwischen Stiften aus derartigen Substanzen, die man vorher durch Anwärmen leitend gemacht hat, den Lichtbogen übergehen, so senden die zur strahlenden Weissglut sich erhitzenden Enden der Stäbchen, sowie auch der Bogen selbst ein intensives Licht aus, dessen Farbe etwas gelblicher und dadurch dem Auge angenehmer ist, als die des Kohlenbogenlichtes.

Die Vorwärmung der beschriebenen Stäbchen bewirkt Rasch durch ein Paar Hilfselektroden aus Kohle, zwischen welchen beim Einschalten des Stromes der Lichtbogen zuerst übergeht. Diese bewirken zugleich nachher die Zuleitung des Stromes zu den Enden der erdigen Stifte. Über die Art, wie dann die Hilfselektroden nach dem Leitendwerden der letzteren zurückgezogen werden, sowie über sonstige konstruktive Einzelheiten ist noch nichts bekannt geworden.

Rasch hat die Lichtstärke des neuen Lichtes untersucht, wenn der Bogen zwischen Stäbchen von 2,5 *mm* und zwischen solchen von 5 *mm* überging. Diese betrug in horizontaler Richtung im ersteren Falle etwas über 600 Kerzen bei 3 Ampère und ca. 50 Volt, im letzteren etwa 900 Kerzen bei 5,3 Ampère und ca. 41 Volt. Der spezifische Energieverbrauch war beide Male fast derselbe, nämlich rund 0,25 Watt pro Kerze. Durch Steigerung der Stromdichte in den Stäbchen gelangte man bis 0,20 Watt pro Kerze. Die Lichtverteilung nach verschiedenen Richtungen wurde nicht bestimmt, sodass auch die mittlere räumliche Lichtstärke nicht bekannt ist. Im Falle die letztere nicht geringer als diejenige in horizontaler Richtung ausfällt, würde die Lichtausbeute pro Watt beim Rasch'schen Bogenlicht etwa die doppelte sein, wie man sie bei dem gewöhnlichen Bogenlichte bei einer Stromstärke von 8—10 Ampère erhält.

Der Abbrand der Stäbchen ist nach Rasch wesentlich geringer als der von Kohlenstiften, was von Uppenborn[2]) bestätigt wird.

Die weitere Entwickelung der Rasch'schen Erfindung, die zur Zeit (Mitte 1902) über das Versuchsstadium noch nicht hinausgekommen ist, bleibt abzuwarten.

Die Glühlampen.

98. Konstruktion. Ein vom Strome durchflossener Leiter wird durch den Strom erwärmt. Die in 1 Sekunde so erzeugte Wärmemenge ist proportional dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstande des Leiters (vergl. **5**). Leitet man einen und denselben

[1]) E. Rasch, Elektrotechn. Zeitschr. 1901, S. 155, und D. R.-Patent No. 117214.

[2]) Uppenborn, ETZ 1901, S. 373.

Strom durch mehrere gleich lange und gleich dicke, jedoch aus verschiedenem Material hergestellte Drähte, so wird in dem Drahte die meiste Wärme pro Zeiteinheit entwickelt, dessen Substanz den höchsten spezifischen Widerstand besitzt. Die Temperatur dieses Drahtes wird infolgedessen höher steigen als die aller übrigen, vorausgesetzt, dass spezifisches Gewicht und Wärmekapazität der verschiedenen Stoffe nicht erheblich voneinander abweichen. Allerdings ist dann auch die Spannungsdifferenz an den Enden des genannten Drahtes höher als bei den übrigen, da dessen Widerstand am grössten ist. Die in ihm verbrauchte elektrische Arbeit (Spannung und Stromstärke) muss ja der pro Sekunde erzeugten Wärmemenge gleichwertig sein (vergl. **8**).

In den G l ü h l a m p e n wird ein vom Strome zur Weissglut erhitzter Draht als Lichtquelle benutzt. Das Material dieses Drahtes

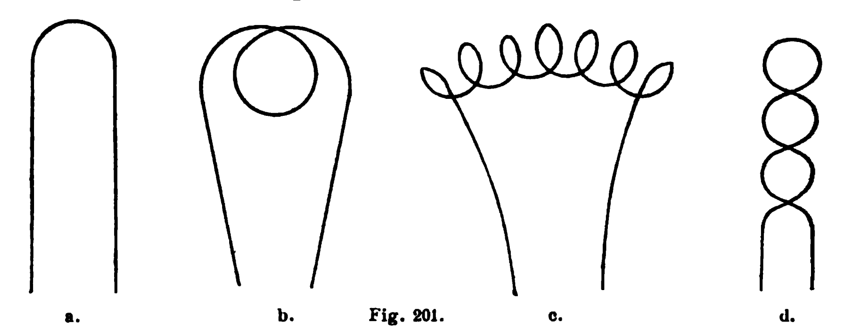


Fig. 201.

soll möglichst hohen spezifischen Widerstand haben, sodass der Draht durch eine verhältnismässig geringe Stromstärke zu der genannten Höhe erhitzt werden kann, und es soll ferner bei dauerndem Beharren in der Weissglut sich nicht verändern. Eine Substanz, die diese Eigenschaft besitzt, ist die K o h l e. Sie bleibt bei den höchsten Temperaturen unschmelzbar, muss jedoch, um dabei nicht zu verbrennen, in ein Gefäss eingeschlossen werden, das mit einem sauerstofffreien Gase gefüllt oder besser luftleer gemacht ist. Ihr spezifischer Widerstand ist bei gewöhnlicher Temperatur mehrere tausendmal grösser als der des Kupfers, sodass ein aus Kohle hergestellter Draht von etwa 200 *mm* Länge und 0,2 *mm* Durchmesser bei gewöhnlicher Temperatur einen Widerstand von gegen 400 Ohm besitzt. Ein Kupferdraht von gleichen Dimensionen hat nur etwa 0,1 Ohm.

Der Kohlefaden einer Glühlampe[1]) hat die Form eines hufeisenförmigen (a) oder zu einer Schlinge gewundenen (b) oder spiralig gedrehten (c, d) Bügels (vergl. Fig. 201). Die Enden desselben sind

---

[1]) Die Fabrikation dieser Lampen ist ausführlich beschrieben bei K r ü g e r, »Die Herstellung der elektrischen Glühlampe«. Leipzig 1894.

durch einen leitenden, im wesentlichen aus Kohle bestehenden Kitt, früher auch durch galvanoplastisch niedergeschlagenes Kupfer, an zwei kurzen Nickeldrähten befestigt. Diese sind jeder an ein Platindrähtchen geschmolzen, welch' letztere die Wand eines den Kohlefaden umschliessenden birnförmigen Glasballons durchsetzen, sodass die Stromzuleitung von aussen durch die Platindrähte bewirkt werden kann.[1]) Man lötet sie zu diesem Zwecke durch Vermittelung kurzer Kupferdrähte an zwei Messingstücke des an die Glasbirne mittels Gips angekitteten Sockels. Derselbe Strom, der den Kohlenbügel zur Weissglut erhitzt, bewirkt in den Platindrähten nur eine geringe Erwärmung.

In der Herstellung eines geeigneten Kohlefadens liegt die Hauptschwierigkeit bei der Glühlampenfabrikation. Als Rohstoff dienen gewisse Substanzen pflanzlichen Ursprunges, wie Baumwolle, Papiermasse, Cellulose. Daraus werden Fäden von möglichst gleichförmigem Querschnitt hergestellt, in Kohlenpulver eingebettet und durch längeres Glühen unter Luftabschluss bei einer Temperatur von etwa 2000° C. verkohlt (karbonisiert). Um den so gewonnenen rohen Kohlefasern eine vollkommen gleichmässige Dicke und genügende Elastizität zu geben, werden sie nun durch den Strom anhaltend erhitzt und dabei so lange in flüssige oder gasförmige Kohlenwasserstoffe getaucht, bis sich eine Schicht Kohle auf ihnen niedergeschlagen hat. Diese setzt sich an den vorher dünneren und infolgedessen beim Glühen heisser werdenden Stellen stärker an und gleicht so die Unregelmässigkeiten des rohen Fadens aus. Man lässt soviel Kohle sich niederschlagen, dass ein gewünschter Betrag des Widerstandes erreicht wird. Die so niedergeschlagene Kohle hat graphitartige Beschaffenheit, ist härter und leitet besser als die darunter befindliche »Grundkohle« (vergl. ETZ 1900, S. 67). Der fertige Faden zeigt ein stahlglänzendes Aussehen und ist ungemein elastisch. Nachdem er in den Glasballon eingesetzt ist, wird der letztere durch ein angeschmolzenes Glasrohr mit einer Quecksilber- oder anderen geeigneten Luftpumpe in Verbindung gebracht, welche die Luft bis auf geringe Spuren entfernt. Dabei erhält man die Kohle durch den Strom glühend. Die letzten Sauerstoffteilchen beseitigt man wohl auch mittels amorphen Phosphors, der in dem Ansatzrohre sich befindet und nach dem Auspumpen der Lampe erhitzt wird. Die evakuierte Lampe wird dann von dem Ansatzrohre abgeschmolzen und erhält nun noch an ihrem unteren Teile den bereits erwähnten, mit zwei voneinander isolierten Kontaktstücken versehenen Sockel.

[1]) Man ist bemüht, für das Platin ein billigeres Material zu finden, das sich in Glas einschmelzen lässt. Vergl. u. a. W. Bolton, Bericht über die I. Jahresversammlung der Deutsch. Elektrochem. Gesellschaft. Halle 1894.

94. Lichtstärke, Ökonomie, Lebensdauer. Man misst die Lichtstärke einer Glühlampe gewöhnlich in der Richtung, welche senkrecht zu einer durch den Kohlefaden bezw. durch die beiden geraden Enden dieses Fadens gelegten Ebene liegt. Nach anderen Richtungen ist die Lichtstärke davon verschieden, jedoch nicht entfernt in dem Masse, wie beim Bogenlichte. Die grössten Unterschiede, welche sich nach den verschiedenen in Betracht kommenden Richtungen ergeben, betragen weniger als 40 %.

Eine fertige Glühlampe kann verschiedene Lichtstärke geben, je nachdem man den Kohlefaden durch den Strom zu verschieden hohen Temperaturen erhitzt. Letzteres geschieht, indem man die

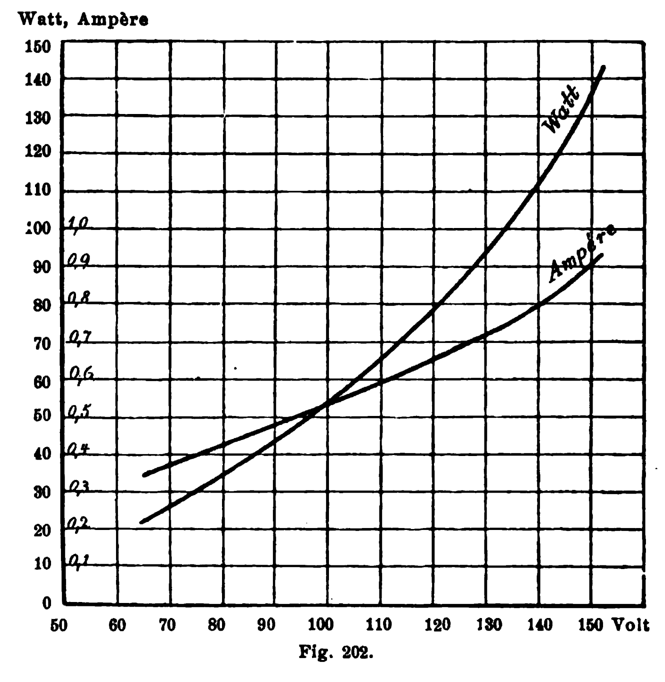


Fig. 202.

Spannungsdifferenz zwischen den Zuführungskontakten der Lampe ändert oder, wie man gewöhnlich sagt, die Lampe »mit verschiedener Spannung brennt«. Hierdurch wird aber auch die Stromstärke und damit das in Watt gemessene Produkt beider, die elektrische Arbeit, verändert. Der Widerstand des glühenden Kohlefadens verändert sich bei Temperaturänderungen ebenfalls, jedoch in anderer Weise als der eines Metalldrahtes, da er bei zunehmender Temperatur kleiner wird. Fig. 202 veranschaulicht die Abhängigkeit der Stromstärke und des Energieverbrauches von der Spannungsdifferenz nach Unter-

suchungen von Feldmann und Nagtglas-Versteeg.[1]) Die Kurven wurden in der Weise erhalten, dass man die Spannungsdifferenz an den Kontakten einer Glühlampe, welche bei etwa 100 Volt 16 Kerzenstärken lieferte, von niederen Werten stufenweise zu immer höheren steigerte und dabei jedesmal Spannung und Stromstärke mass.

Proportional der in Watt gemessenen, in der Lampe verbrauchten elektrischen Arbeit steigt die im Kohlefaden pro Sekunde erzeugte Wärmemenge (vergl. **4**), während die Temperatur der Kohle wegen der immer stärker werdenden Abkühlung nicht im gleichen Verhältnis zunimmt. Da jedoch die Lichtmenge, welche ein glühender

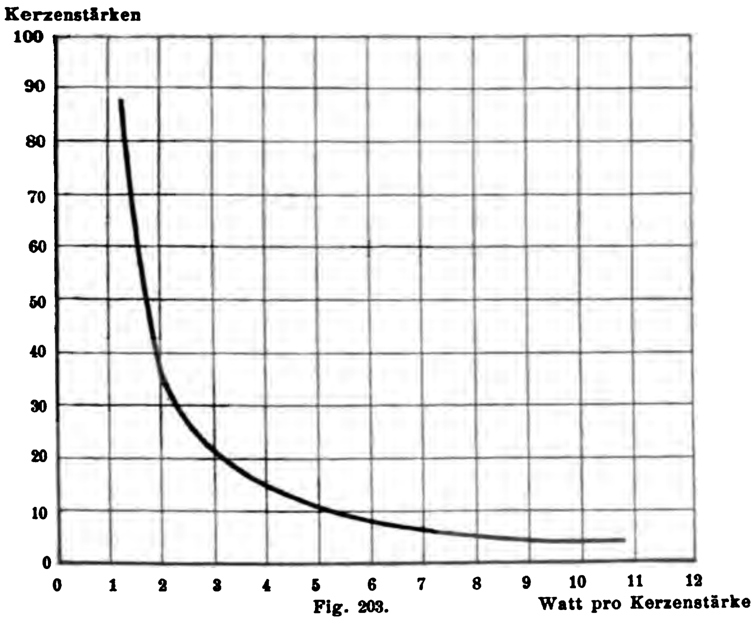


Fig. 203.

Körper ausgibt, mit Erhöhung der Temperatur immer rascher wächst, (vergl. **80**), so beobachtet man, dass die Lichtstärke einer Glühlampe schneller ansteigt als die zugeführte elektrische Arbeit, nämlich ungefähr wie die dritte Potenz derselben. Misst man die letztere in Watt, die Lichtstärke in Kerzen (Hefner-Einheiten) und trägt die pro Kerzenstärke aufgewandten Watt als Abszissen, die zugehörigen Lichtstärken als Ordinaten auf, so ergibt sich für die Abhängigkeit der Lichtstärke von der in der Lampe verbrauchten elektrischen Energie eine Kurve, wie Fig. 203 sie zeigt. (Diese Kurve ist nach

---

[1]) Cl. P. Feldmann und C. D. Nagtglas-Versteeg, »Über den Zusammenhang zwischen Lichtstärke, Spannung und Energieverbrauch moderner Glühlampen. ETZ 1893, S. 60.

den oben erwähnten Messungen von Feldmann u. Gen. konstruiert.) Je höher man also die Temperatur des Kohlefadens einer Glühlampe steigert, eine desto günstigere Ausnutzung erzielt man für die elektrische Arbeit, da man pro aufgewandtes Watt immer mehr Kerzenstärken erhält.

Man würde demgemäss zur Erzielung einer möglichst günstigen Ökonomie die Kohle der Glühlampen so hoch als möglich erhitzen, wenn nicht ein anderer Umstand eine Grenze zöge. Wird eine Lampe in einer Anlage regelmässig gebrannt, so bleibt sie in den ersten Wochen der Brennzeit scheinbar unverändert. Erst nach längerem Brennen bemerkt man, dass die Glaswand der (kalten) Lampe einen gelblichen Schimmer zeigt, der sich mit der Zeit verdunkelt und schliesslich zu einem bräunlichen Anfluge wird. Dieser rührt her von fein zerstäubter Kohle, die allmählich von dem glühenden Faden sich abgelöst hat. Schliesslich wird der Kohlefaden an einer oder mehreren Stellen dünner und dünner, was zur Folge hat, dass er an diesen immer heller glüht, bis er endlich an der dünnsten Stelle durchreisst. Dadurch wird die Lampe unbrauchbar. Die Glühlampen besitzen also nur eine begrenzte »Lebensdauer«. Es zeigt sich nun, dass die Lebensdauer einer fehlerlos hergestellten Glühlampe durch die Temperatur, auf welche der Kohlefaden erhitzt wird, bedingt ist. Höhere Temperatur hat eine kürzere Lebensdauer zur Folge, wenn man auch eine anfänglich günstigere Ausnützung der elektrischen Arbeit dadurch erzielt. Versuche über die Abhängigkeit der Lebensdauer von der Temperatur des Fadens oder, da diese sich nicht gut messen lässt, von der »Ökonomie« der Lampe, welche durch die pro Kerzenstärke aufgewandten Watt ausgedrückt wird, sind vielfach angestellt worden. Die Kurve Fig. 204[1]) veranschaulicht diese Abhängigkeit. Danach nimmt die Lebensdauer in weit rascherem Verhältnisse ab, als die Zahl der für die Kerzenstärke bei der neuen Lampe verbrauchten Watt.

Man muss deswegen mit der Temperatur des Fadens zwischen den beiden Übeln: schlechte Ausnutzung der elektrischen Arbeit einerseits und kurze Lebensdauer andrerseits, so balancieren, dass die Kosten des Lichtes, soweit sie von diesen beiden Faktoren abhängen, ein Minimum werden. Ist die Betriebskraft billig zu haben, so wird man die Lampen nur schwach beanspruchen, um hohe Lebensdauer zu erzielen. Wenn die Erzeugungskosten des Stromes dagegen hoch sind, so nützt man diesen durch höhere Beanspruchung der Lampen besser aus. Bei den gewöhnlich in Beleuchtungsanlagen

---

1) Aus Herzog und Feldmann, »Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze«. Berlin 1893, S. 98.

benutzten Glühlampen aus soliden Fabriken ist die Temperatur bezw. die Ökonomie, mit welcher dieselben normal brennen sollen, so gewählt, dass die Lebensdauer etwa 400 bis 600 Brennstunden beträgt. Die Ökonomie, d. h. die für die Kerzenstärke aufzuwendende elektrische Arbeit, beträgt in diesem Falle heutzutage meistens 3,0 bis 3,3 Watt bei einer neuen Lampe.

Damit es jederzeit möglich sei, eine Glühlampe bei der normalen Temperatur (bezw. Ökonomie), für welche sie gebaut ist, brennen

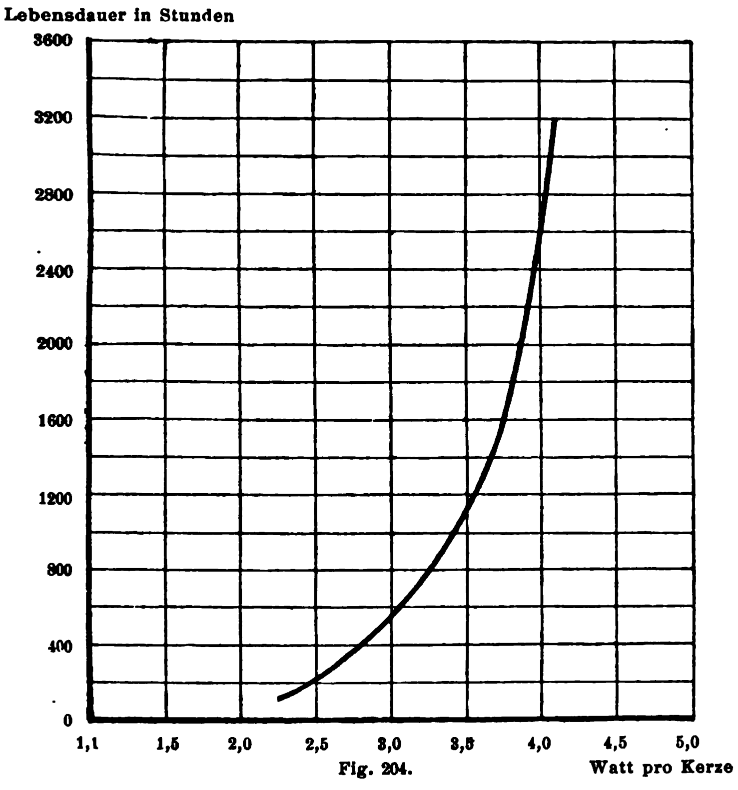


Fig. 204.

zu können, ist auf derselben die Spannung angeschrieben, welche bei normalem Brennen zwischen den Metallkontakten der Lampe vorhanden sein soll. Sie wird in den Glühlampenfabriken auf folgende Art ermittelt: Nachdem durch Versuche die für eine bestimmte Lichtstärke erforderliche Grösse des Kohlefadens festgestellt ist, und zwar derart, dass der Faden, wenn er mit richtiger Lichtstärke glüht, gerade die für eine genügende Lebensdauer erforderliche Ökonomie besitzt, werden alle Kohlenbügel nach dem gefundenen Muster hergestellt und

in der schon angegebenen Weise auf gleichen (in kaltem Zustande gemessenen) Widerstand gebracht. Wenn diese Fäden dann in den fertigen Lampen sitzen und alle mit der gleichen Spannung brennen, so zeigen sich dennoch kleine Verschiedenheiten in der Lichtstärke. Es können z. B., wenn 16kerzige Lampen, die bei 105 Volt richtig brennen, fabriziert werden sollen, einige Lampen 14 Kerzen, andere 15, andere 13, 17, 14,5 Kerzenstärken u. s. w. bei 105 Volt geben. Deswegen werden die Lampen nach Spannungen sortiert, d. h. man bringt eine nach der anderen in einem zum Messen von Lichtstärken geeigneten Apparat (Photometer) auf die normale Lichtstärke (hier z. B. 16 Kerzen) und misst die Spannung, die dazu erforderlich ist. Diese »Voltzahl« wird auf die Lampe aufgeschrieben. Man hat dann beim Gebrauche nur dafür zu sorgen, dass der von Dynamomaschinen oder sonstwie in die Leitung gelieferte Strom an der Lampe gerade die Spannung besitze, welche zum normalen Brennen derselben erforderlich ist. Da es nun in einer Beleuchtungsanlage nicht angehen kann, für jede Glühlampe eine besondere, beim Einsetzen einer neuen Lampe vielleicht auch noch wechselnde Spannung herzustellen, so richtet man die Verhältnisse gewöhnlich so ein, dass sämtlichen Lampen der Strom mit annähernd der nämlichen Spannung zugeführt wird. Es werden dann in der Anlage nur solche Lampen benutzt, welche bei dieser Spannung gerade mit ihrer richtigen Lichtstärke brennen, deren aufgeschriebene Voltzahl also mit dem für den Betrieb der Anlage vorgesehenen Spannungsbetrage übereinstimmt.

Auf gleichmässige Erhaltung der normalen Spannung ist grosse Sorgfalt zu verwenden. Schon eine dauernde Erhöhung derselben um 2 bis 3 % kann eine wesentliche Verkürzung der Lebensdauer der Glühlampen zur Folge haben. Wie rasch die letztere mit steigender Temperatur des Fadens abnimmt, zeigt sich, wenn man eine Lampe mit einer Spannung brennt, die um etwa die Hälfte grösser ist als die normale. Die Kohle brennt dann meist in weniger als einer Stunde durch. 10 Lampen, welche Wilhelm v. Siemens[1]) mit einer um $^1/_4$ erhöhten Spannung brannte, waren nach 13 Stunden sämtlich durchgebrannt. Beim Doppelten der normalen Spannung geschieht das Durchbrennen sofort, und zwar explosionsartig, meist unter Zertrümmerung des Glasballons. Es hat sich ferner ergeben, dass kleine, sich häufig wiederholende Schwankungen der Spannung, auch wenn dieselben unter 1 % bleiben, die Lebensdauer verkürzen. Ja es ist sehr wahrscheinlich, dass eine und dieselbe Lampe bei dem gleichmässigen Strome, wie Akkumulatoren ihn liefern, länger hält

[1]) ETZ 1885, S. 432 und 489.

als bei Maschinenstrom, wegen der minimalen Schwankungen, die die letztere Art der Stromerzeugung mit sich bringt.

Wie bereits erwähnt, findet beim normalen Brennen einer Glühlampe ein Zerstäuben eines Teiles der Kohle statt, was sich in einem gelblichen bis braunen Anflug an der Glaswand zu erkennen gibt. Dadurch muss der Kohlefaden dünner, sein Widerstand also grösser werden. Da aber die an der Lampe vorhandene Spannung stets auf demselben Betrage gehalten wird, so nimmt die Stromstärke im Kohlefaden mit der Zeit etwas ab. Die in der Lampe verbrauchte elektrische Arbeit und mit ihr die Lichtstärke werden daher allmählich kleiner. Ausserdem wird von dem Kohlenbeschlag an der Glaswand Licht absorbiert, um so mehr, je dichter er wird. Bei längerem normalen Brennen einer Glühlampe findet infolgedessen eine erhebliche Abnahme der Lichtstärke statt. Wilhelm v. Siemens fand diese Abnahme bei 10 Lampen, nach 800 Stunden gleichmässigen Brennens, im Mittel zu fast 20 %. Der Widerstand des (heissen) Kohlefadens hatte in derselben Zeit um fast 5 % zugenommen. Eine Lampe, welche zu Anfang 16 Kerzenstärken gab, würde hiernach nach 800 Brennstunden bei der gleichen Spannung nur noch eine Lichtstärke von etwa 13 Kerzen besitzen.

Ferner untersuchte Feldmann[1]) den Zusammenhang zwischen der Abnahme der Lichtstärke bei dauerndem Brennen mit gleichmässiger Spannung und der angewandten Ökonomie (d. h. der Anzahl Watt, die man pro Kerzenstärke bei der neuen Lampe aufwandte, oder mit anderen Worten der Temperatur, bis zu der man die Kohle von Anfang an erhitzte). Er fand, wie vorauszusehen, dass die Lichtstärke um so schneller abnimmt, je günstiger die angewandte Ökonomie ist, d. h. je heisser man den Kohlefaden von Anfang an werden lässt. Feldmann untersuchte u. a. eine Anzahl 16kerziger Lampen einer und derselben, durch die Güte ihrer Erzeugnisse bekannten Fabrik, die sämtlich für die gleiche Betriebsspannung, jedoch für verschiedene Ökonomie hergestellt waren. Die eine Gruppe davon (III) waren sogen. $3^1/_8$ Watt-Lampen, d. h. sie sollten, neu eingesetzt, pro Kerzenstärke etwa $3^1/_8$ Watt verbrauchen. Die zweite Gruppe (II) enthielt sogen. $2^3/_4$ Watt-Lampen, die dritte Gruppe (I) sogen. $1^3/_4$ Watt-Lampen. Die Lampen wurden mit der Spannung Tag und Nacht gebrannt, bei der sie die angegebene Ökonomie zu Anfang besassen, und von Zeit zu Zeit photometriert. Die allmähliche Abnahme der Lichtstärke, welche sich dabei für jede der drei Gruppen im Durchschnitt ergab, ist in Fig. 205 graphisch dargestellt. Danach sinkt bei den $3^1/_8$ Watt-Lampen die Lichtstärke fast proportional der

[1]) ETZ 1892, S. 667.

Brenndauer; bei den Lampen von günstigerer Ökonomie findet sich dagegen ein anfangs sehr rascher, später langsamerer Abfall der

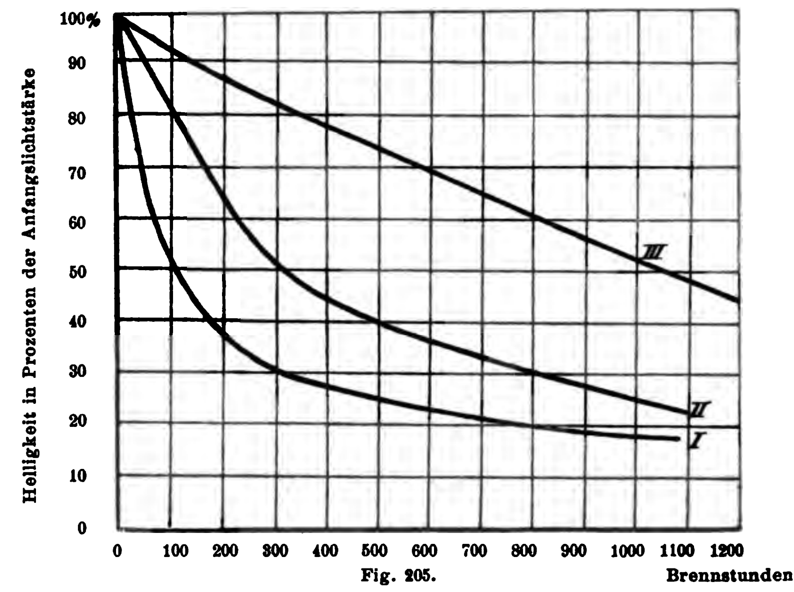


Fig. 205.

Lichtstärke. Da nun der Wattverbrauch nicht entfernt in dem gleichen Verhältnis wie die Lichtstärke abnimmt, so wird die Ökonomie einer und derselben Lampe bei dauerndem Brennen immer ungünstiger.

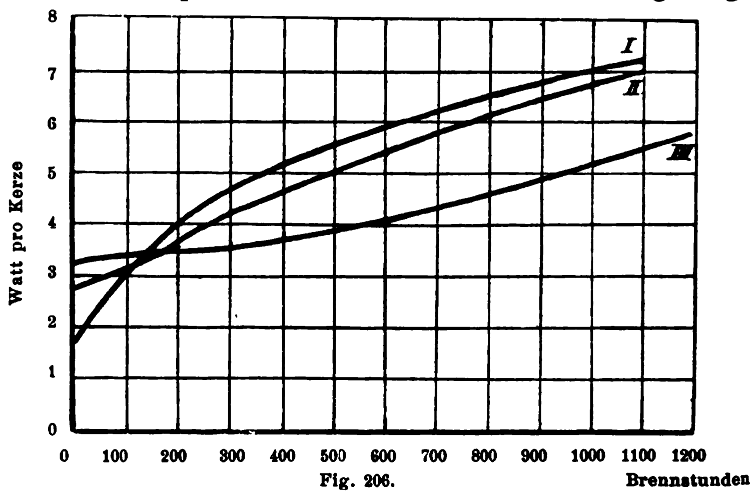


Fig. 206.

Das Resultat, das die Feldmann'schen Versuche in dieser Hinsicht ergaben, veranschaulicht Fig. 206. Schon nach etwa 150 Brenn-

stunden hatte sich die Ökonomie der $1^3/_4$ und $2^3/_4$ Watt-Lampen so sehr verschlechtert, dass sie nicht mehr günstiger war als die der $3^1/_2$ Watt-Lampen. Für die weitere Folge aber zeigten sich die $3^1/_2$ Watt-Lampen denen der beiden anderen Gruppen bezüglich der Ökonomie überlegen. Ausserdem erreichten die $3^1/_2$ Watt-Lampen, wie vorauszusehen, die längste Lebensdauer, nämlich im Mittel etwa 1000 Stunden, während die $2^3/_4$ Watt-Lampen es im Durchschnitt nur auf etwa 325, die $1^3/_4$ Watt-Lampen nur auf etwa 110 Brennstunden brachten.

Indessen hängt das Verhalten einer Glühlampe bei längerem Brennen auch in hohem Grade von dem Material des Kohlefadens ab. Man kann bei Lampen für gleiche Lichtstärke, welche verschiedenen Fabriken entstammen und mit gleicher Ökonomie gebrannt werden, nach längerer Brenndauer nicht unbeträchtliche Unterschiede in der Lichtstärke, ja schon im Aussehen der Glaswände und des Fadens beobachten. Die eine Lampensorte beschlägt sich mehr mit Kohle, die andere weniger. Ja die von einer und derselben Fabrik zu verschiedenen Zeiten erzeugten Lampen zeigen häufig ein merklich verschiedenes Verhalten, insbesondere bezüglich der Lebensdauer. Dabei sind stets die Mittelwerte gemeint, welche eine Anzahl zusammen hergestellter Lampen ergeben, da mehr oder minder grosse Abweichungen unter den einzelnen gar nicht zu vermeiden sind. Häufig genug finden sich auch Exemplare, welche sofort oder nach wenigen Minuten durchbrennen, seltener solche, welche, obwohl sie mit der nämlichen Ökonomie wie die anderen gebrannt werden, das Doppelte, ja Drei- und Vierfache der durchschnittlichen Lebensdauer aushalten. Es beweist dies, dass man die bei Herstellung der Lampen massgebenden Umstände noch nicht so weit beherrscht, um ein durchaus gleichmässiges Fabrikat mit Sicherheit zu erzielen. Die allmähliche Abnahme der Leuchtkraft ist als ein grosser, den Glühlampen anhaftender Übelstand zu betrachten. Einstweilen nimmt man ihn mit in Kauf und begnügt sich, Exemplare, bei denen die Lichtstärke erheblich (z. B. um 20 %) gesunken ist, durch neue zu ersetzen, was bei dem jetzigen niedrigen Preise der Glühlampen jedenfalls das vorteilhafteste ist.

Ein anschauliches Bild über die Leistungen der deutschen Glühlampenfabrikation geben die sorgfältigen Untersuchungen von H. Riggert, ETZ 1896, S. 797.

95. Vorkommende Lichtstärken und Spannungen. Die Glühlampen werden für eine ganze Anzahl Abstufungen der Lichtstärke hergestellt. Am meisten finden in Beleuchtungsanlagen die 16 kerzigen Lampen Verwendung, welche ungefähr eine gewöhnliche, offene Gasflamme ersetzen. Ausser diesen werden Lampen für 20, 25, 32,

10, 8 und 5 Kerzenstärken häufig gebraucht, seltener solche für 50, 100 und mehr Kerzen. Die normale Spannung des Stromes in Glühlichtanlagen liegt gewöhnlich zwischen 100 und 110 Volt, manchmal auch um 65 Volt. Die meisten Glühlampen werden also für derartige Spannungen hergestellt. Seltener kommen Lampen von 50 Volt oder solche von 150 Volt zur Verwendung. Lampen von 200 bis 240 Volt sind erst seit einigen Jahren in Gebrauch gekommen. Auf diese soll unten noch näher eingegangen werden.

Die folgende Tabelle enthält für die gebräuchlichsten Lampengrössen die Stromstärke, welche dieselben bei den am meisten vorkommenden Spannungen zur Zeit etwa erfordern, wobei für die Lampen von 10 bis 32 Kerzen eine Ökonomie von ungefähr 3,1 Watt pro Hefner-Einheit angenommen ist; ferner den Arbeitsverbrauch in Watt, sowie die Anzahl Lampen, welche bei Stromlieferung durch eine Dynamomaschine auf jede der letzteren zugeführte mechanische Pferdestärke etwa gerechnet werden können. Der Wirkungsgrad der Dynamomaschine ist zu 85 % angenommen und dabei ferner vorausgesetzt, dass an den Lampen noch 83 % der von der Betriebsmaschine gelieferten effektiven Arbeit zur Verfügung stehen. Die Zahlen gelten für neue Glühlampen.

Tabelle 40.

Lichtstärke Hefner-Einheiten	Stromstärke in Ampère bei					Elektr. Arbeit Watt	Lampen auf 1 PS
	100 Volt	110 Volt	65 Volt	150 Volt	50 Volt		
16	0,50	0,46	0,77	0,34	1,00	50	12,2
25	0,77	0,70	1,2	0,52	1,54	77	8,0
32	1,00	0,91	1,54	0,67	2,00	100	6,1
10	0,33	0,30	0,51	—	—	33	18,5
8	—	—	—	—	0,55	27,5	22,2
5	0,20	0,18	0,31	—	0,40	20	30,5
50	1,4	—	2,1	—	—	140	4,4
100	2,6	—	4,0	—	—	260	2,4

Die Glühlampenfabriken sind seit einiger Zeit eifrig bemüht, brauchbare Glühlampen für 200 bis 240 Volt herzustellen. In England sind solche schon seit dem Jahre 1895 in zunehmender Benutzung und, wie es scheint, mit befriedigendem Erfolge.[1])

Die Fabrikation derartiger »hochvoltiger« Lampen, insbesondere wenn ihre Lichtstärke nicht mehr als 16 Kerzen betragen soll, macht deswegen besondere Schwierigkeit, weil bei gleichem Energieverbrauche der Kohlefaden wesentlich dünner wird, als bei Lampen für die halbe Spannung. Dadurch besitzt er weniger Steifigkeit und muss entweder mit einer in die Spitze der Glasbirne eingeschmolzenen oder

[1]) Vergl. ETZ 1895, S. 651; 1896, S. 227, 467; 1897, S. 83, 91; 1900, S. 1023.

sonstwie befestigten Platinöse festgehalten werden, oder man muss ihm eine Form geben, welche ein Verbiegen durch sein eigenes Gewicht beim Neigen der Lampe möglichst verhindert (vergl. die Abbildungen ETZ 1896, S. 468). Ferner erfordert es besondere Sorgfalt, einen derartig dünnen Kohlefaden so gleichmässig herzustellen, dass er dieselbe Lebensdauer erreicht, wie ein solcher für 100 bis 120 Volt und gleiche Lichtstärke. Auch ist die Gefahr, dass ein so dünner Faden schon infolge des allmählich eintretenden Zerstäubens der Kohleteilchen (vergl. **94**) früher durchbrennt, sowie schneller an Lichtstärke einbüsst, als ein dickerer. Endlich kann ein derartiger Faden bei gleicher Temperatur keine so günstige Ökonomie besitzen, wie ein solcher von grösserem Querschnitte, da mit abnehmendem Durchmesser das Verhältnis des für die Abkühlung der Kohle massgebenden Umfanges zum Querschnitte zunimmt. Dennoch ist es, wie schon erwähnt, gelungen, die genannten Schwierigkeiten bis zu einem gewissen Grade zu überwinden. Allerdings lässt man, teils im Interesse der Haltbarkeit, teils wegen des grösseren Wärmeverlustes durch Abkühlung, einen etwas höheren Energieverbrauch, nämlich 3,5 bis 4,0 Watt pro Kerze (bei neuen Lampen) zu. Bei 4,0 Watt pro Kerze verbraucht daher eine Glühlampe von 16 Kerzen 64 Watt und die Stromstärke beträgt bei 220 Volt 0,291 Ampère, bei 200 Volt 0,320 Ampère. Nach Chamen (ETZ 1900, S. 1024) beträgt die Ökonomie der in England hergestellten Glühlampen für 250 Volt bei einer

Lichtstärke	von	5	bis	6	HK	5	Watt	pro Kerze
»	»	8	»	16	»	4	»	»
»	»			32	»	$3^1/_2$	»	»
»	»			50	»	$3^1/_4$	»	»

Aus welchem Grunde die Herstellung brauchbarer Glühlampen für etwa 220 Volt hohe praktische Bedeutung, namentlich für Zentralanlagen, besitzt, wird im IV. Abschnitte erläutert werden.

Ausser den bis jetzt behandelten, zur Parallelschaltung bestimmten Glühlampen für verhältnismässig hohe Spannung und niedere Stromstärke werden auch Lampen für niedere Spannung und entsprechend grosse Stromstärke verwendet. Diese sind für Hintereinanderschaltung geeignet. Zur Zeit werden derartige Lampen von 20 bis 100 Kerzenstärken fabriziert, deren normale Stromstärke etwa 10 Ampère beträgt und welche, je nach der Lichtstärke, 5 bis 20 Volt erfordern. Die Kohlenbügel dieser Lampen haben einen beträchtlichen Durchmesser. Sie besitzen infolgedessen eine günstigere Ökonomie als die Fäden für hohe Spannung und schwachen Strom, aus dem oben angegebenen Grunde. Der Arbeitsverbrauch liegt ungefähr zwischen 2,7 und 2,2 Watt pro Kerze, wenn die Kohle auf dieselbe Temperatur erhitzt wird, wie die der gewöhnlichen 100 bis 120voltigen Lampen.

Auch für Parallelschaltung werden Glühlampen für niedere Spannung (3 bis 4, 7 bis 8, 12 bis 15, 20 bis 30 Volt) gebaut. Sie kommen hauptsächlich in transportablen Beleuchtungsanlagen (in Eisenbahnen, Booten, Kutschwagen u. s. w.) zur Verwendung, wo eine kleine oder doch mässige Anzahl Akkumulatoren als Stromquelle dient.

Es sind noch zu nennen die sogen. »Bifilar-Glühlampen«. Diese enthalten zwei Kohlefäden, die sich in einem Abstande von etwa 2 *cm* gegenüberstehen. Durch eine besondere Einrichtung am Lampensockel kann entweder nur der eine Faden oder aber beide parallel gebrannt werden. Man kann nun entweder erst den einen Faden benutzen und nachdem dieser durchgebrannt ist, den anderen, oder aber von Anfang an beide zugleich brennen. Im ersteren Falle hat man eine Lampe von etwa der doppelten Lebensdauer, im zweiten Falle eine solche von doppelter Leuchtkraft. Auch eine Glühlampe für ca. 220 Volt lässt sich auf diese Art mittels zweier Fäden für je etwa 110 Volt herstellen dadurch, dass man die beiden Fäden hintereinander schaltet. Derartige Lampen werden sogar vielfach in Anlagen für 220 Volt gebrannt. Doch hält es schwer, zwei Kohlefäden zu finden, die durch dieselbe Stromstärke auf die gleiche Temperatur erhitzt werden (also gleich hell leuchten) und ungefähr gleich lange halten.

Endlich liefern manche Fabriken auf Wunsch Glühlampen von verschiedener Ökonomie (z. B. solche für $3^1/_2$, 3, $2^1/_2$, 2, ja sogar für $1^1/_2$ Watt pro Kerze) und garantieren für jede Lampenart eine bestimmte Brenndauer, die natürlich für die Lampen mit der günstigsten Ökonomie am kleinsten ausfällt. Auch bleibt das günstige Verhältnis, wie in **94** erwähnt, nur kurze Zeit bestehen, weil die Lichtstärke um so schneller abnimmt, auf je höhere Temperatur die Kohle erhitzt wird.

Im vorstehenden sind die Formen, Lichtstärken, Spannungsgrenzen und sonstigen Eigenschaften der am häufigsten verwendeten Glühlampen eingehend beschrieben. Die meisten Glühlampenfabriken stellen ihre Fabrikate hauptsächlich in den genannten Sorten her, und es kann daher von einer besonderen Aufzählung der Erzeugnisse der einzelnen Firmen abgesehen werden.

96. Metallkontakte der Glühlampen. Für die Metallkontakte der Glühlampen (den sogen. Sockel oder Fuss der Glühlampe), mit welchen die beiden Enden des Kohlefadens durch Vermittelung der Platindrähte und kurzer Nickel- oder Kupferdrähte verbunden sind, sind z. Z. noch verschiedene Formen im Gebrauch. Die verbreitetste davon ist diejenige von Edison, bei welcher das eine Kontaktstück ein aus Messingblech gedrücktes Gewinde bildet, während das zweite

aus einer kleinen runden, innen hohlen Messingkappe besteht (Fig. 207). Beide sind mit Gips an das untere Ende des Glasballons gekittet. Durch Gips oder aber durch ein passend geformtes Porzellanstück werden sie voneinander isoliert. Um eine mit diesen Kontakten versehene Lampe (Fig. 208, S. 258) mit der Leitung zu verbinden, wird der eben beschriebene Fuss derselben in eine entsprechende Metallfassung (vergl. Abschnitt V) durch mehrmaliges Umdrehen eingeschraubt. Dabei drückt sich der Messingknopf gegen ein federndes Messingplättchen. Durch letzteres und durch das davon isolierte Messinggewinde geschieht die Zuleitung.

Der Lampenfuss von Siemens & Halske (Fig. 209) zeigt zwei rechtwinkelig zur Lampenachse stehende, schwalbenschwanzförmige Messingstücke. Diese sind mit den Platindrähten verbunden und

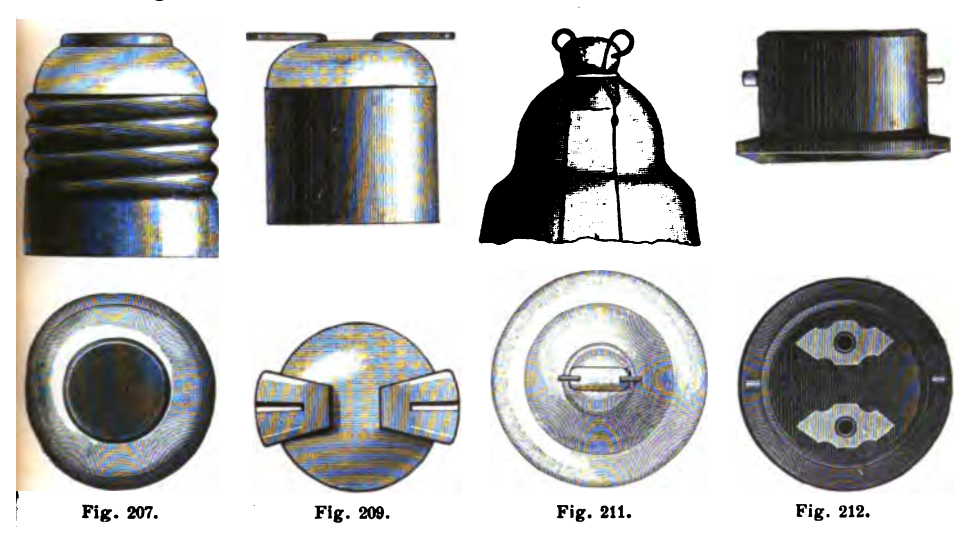


Fig. 207. Fig. 209. Fig. 211. Fig. 212.

ebenfalls durch Gips, der von einer isolierten Messinghülse umschlossen wird, an den Glasballon gekittet. Die so vorgerichtete Lampe (Fig. 210, S. 258) wird mit dem Fusse in die zugehörigen Fassungen gesteckt und um 90° gedreht, wodurch sich jedes der beiden Messingstücke unter einen federnden Kontakt schiebt.

Der Lampenfuss für die sogen. Swan-Fassung (Fig. 211) ist der einfachste von allen. Die Glaskugel der Lampe erhält dabei keinerlei Ansatz, und es werden die Platindrähte, wo sie aus der Glaswand austreten, zu Ösen gebogen. Die zugehörige Fassung trägt auf einem runden Holzstück zwei Messinghäkchen und eine Spiralfeder. Die Platinösen der Lampe werden in die Haken eingehängt und die dadurch zusammengedrückte Feder bewirkt einen sicheren

Kontakt. Die Haken sind durch Klemmen mit den Polen der Leitung verbunden. Diese Einrichtung ist heute veraltet.

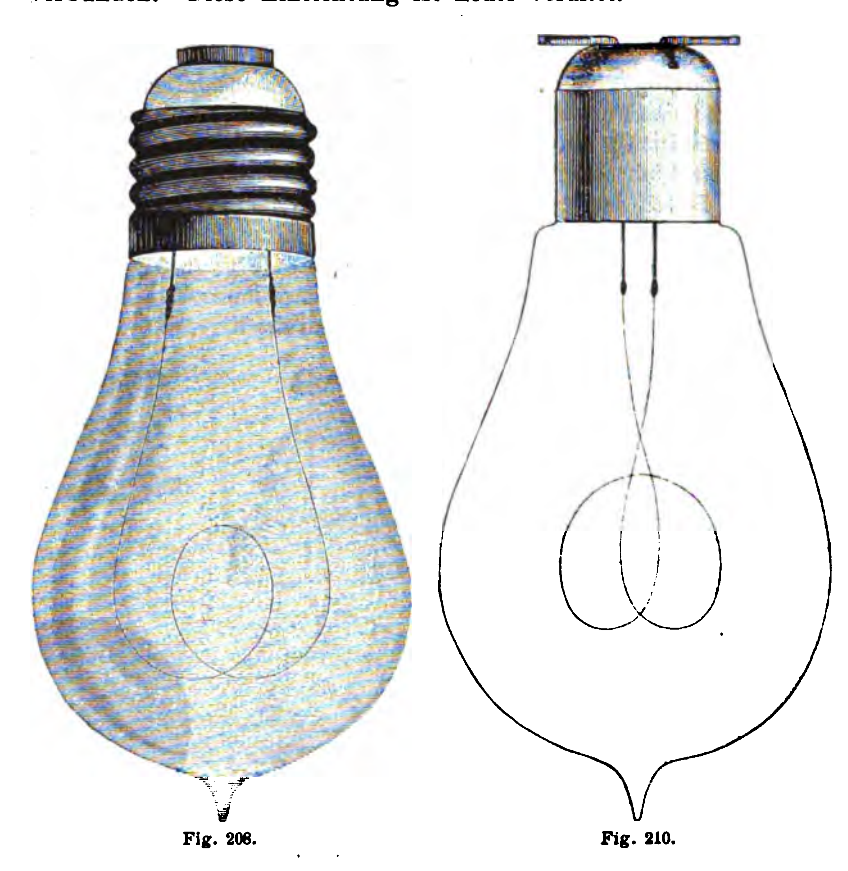


Fig. 208. Fig. 210.

Bei der Edison-Swan- und der dieser sehr ähnlichen sogen. Vitrit-Fassung (Fig. 212) besteht der Lampenfuss aus einem kurzen zylindrischen Stücke einer glasartigen schwarzen Masse mit ebener Endfläche. In die letztere eingelassen sind zwei kleine Messingplatten, die mit den Enden des Fadens in Verbindung stehen. Seitlich am Umfange des Zylinders stehen zwei Metallstifte vor. Durch die letzteren wird die Glühlampe beim Einsetzen in die Fassung mittels Bajonettverschlusses festgehalten, während zwei federnde Kontaktknöpfe sich gegen die erwähnten Polplatten der Lampe drücken.

Ausser den vier genannten Formen von Lampenfüssen bezw. Fassungen gibt es noch eine ganze Anzahl weiterer, die hier nicht alle beschrieben werden können.

Die meisten Glühlampenfabriken lassen heutzutage bezüglich des Lampenfusses ihren Abnehmern die Wahl unter einigen der verbreiteteren Formen. Insbesondere dürfte fast jede Lampe nach Belieben mit Edison-, Swan-, Siemens- oder Vitrit-Fassung zu erhalten sein. Es wäre jedoch im Interesse der Einheitlichkeit recht wünschenswert, dass man sich auf die ausschliessliche Anwendung einer einzigen, gut bewährten Fassung, z. B. der Edison-Fassung, einigte. Bestrebungen dieser Art sind im Gange. (Vergl. ETZ 1897, S. 153; 1898, S. 307; 1900, S. 921; 1901, S. 647.) In dieser Beziehung gibt die Gasinstallation ein nachahmenswertes Beispiel.

97. Besonders geformte, mattierte und farbige Glühlampen. Ausser der am meisten verwendeten Birnenform (vergl. Fig. 208 und 210) gibt man dem Glasballon der Glühlampen für besondere Zwecke noch andere Gestalten. So sind z. B. die sogen. Kerzenlampen zu nennen. Diese sind für solche Kronleuchter bestimmt, deren Brenner das Ansehen von Kerzen haben sollen, wie solche für Gasbeleuchtung ja vielfach Verwendung finden. Der Brenner sitzt auf dem Ende einer Porzellanröhre, die von weitem einer Kerze gleicht. Zum Aufsetzen auf solche Porzellankerzen verwendet man Glühlampen von der in Fig. 213 abgebildeten Form. Der Glasballon läuft nach oben konisch zu und der Kohlebügel bildet ein spitzwinkeliges Dreieck, sodass er beim Glühen, von weitem gesehen, einer Kerzenflamme ähnlich ist. Die Lichtstärke solcher Lampen beträgt 5 bis 8 Hefner-Einheiten. Ferner gehören hierher die sogen. Fokuslampen, deren Kohlefaden auf einen kleinen Raum zusammengedrängt ist, da er in den Brennpunkt eines Hohlspiegels gebracht werden soll; endlich die sogen. Röhrenlampen, deren Glashülle eine langgestreckte zylindrische Form hat und so in enge Öffnungen, z. B. in das Spundloch eines Fasses, eingeführt werden kann, u. a.

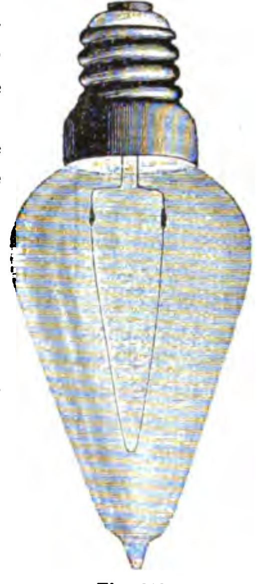


Fig. 213.

Es sind ferner Lampen mit mattem Glasballon im Handel. Die Mattierung ist entweder durch Anätzen oder durch einen Überzug hergestellt. Selbstverständlich absorbiert die mattierte Glasschicht einen erheblichen Bruchteil der Lichtstärke. Dafür ist der glühende Kohlefaden kaum mehr sichtbar, sodass das Blenden vermieden ist. Für besondere Zwecke werden farbige Lampen, z. B. zur Bühnenbeleuchtung rote und grüne bezw. blaue benutzt. Auch diese be-

sitzen entweder einen farbigen Überzug oder besser aus farbigem Glase geblasene Ballons. Zu Dekorationen, Illuminationen u. dergl. werden endlich kleinere Lampen mit farbiger, verzierter oder mit teilweise versilberter Glocke fabriziert.

98. Garantien. Zurücknahme durchgebrannter Lampen. Normalien für Glühlampen. Die Lebensdauer einer guten Glühlampe beträgt, wenn diese mit einer Ökonomie von etwa 3 bis $3^1/_2$ Watt pro Kerzenstärke und dabei stets mit ihrer richtigen Spannung gebrannt wird, auch heute noch durchschnittlich 400 bis 600 Brennstunden. Unter Umständen übernimmt die liefernde Fabrik in dieser Beziehung eine Garantie, so zwar, dass sie bei Lampen, welche nicht die garantierte Zeit ausgehalten haben, für den Fehlbetrag an Brennstunden eine entsprechende Vergütung gewährt. Zum mindesten müssen Lampen, welche sofort beim Einsetzen oder innerhalb weniger Stunden danach durchbrennen, kostenlos durch neue ersetzt werden. Auch durchgebrannte Lampen, welche die garantierte Lebensdauer erreicht haben, werden manchmal, falls sie im übrigen unversehrt sind, zurückgenommen und mit einem kleinen Betrage vergütet, letzteres jedoch nur, wenn dafür Lampen von gleicher Lichtstärke und Spannung in derselben Zahl nachbestellt werden. Ja, es existieren Fabriken, welche in durchgebrannte Lampen neue Kohlefäden einsetzen und den Glasballon reinigen.[1])

Der »Verband deutscher Elektrotechniker« hat durch eine Kommission »Normalien für Glühlampen« ausarbeiten lassen, d. h. eine Anzahl Bedingungen, welche er bei allen Lieferungen von Glühlampen in Zukunft zu grunde zu legen vorschlägt, um zu verhindern, dass der Besteller ein minderwertiges Fabrikat erhalte. Diejenigen davon, welche sich auf technische Gesichtspunkte beziehen, sind im folgenden abgedruckt. Die Paragraphen, welche nur juristische Festsetzungen enthalten, sind weggelassen.

Die Vorschläge gelten für Glühlampen von 10, 16, 25 und 32 Kerzen (Hefner-Einheiten), welche für Spannungen von 60 bis 70 oder von 95 bis 125 Volt bestimmt sind und deren Energieverbrauch 3 bis 4 Watt pro Kerze beträgt.

§ 1. Die Lampen werden mit der Spannung bezeichnet, welche der gleichfalls auf denselben anzugebenden Leuchtkraft entspricht.

Bei der Lieferung ist eine Abweichung von 2 % von der bestellten Spannung nach oben und unten zulässig.

Geprüft werden die Lampen mit der auf denselben verzeichneten Spannung. Hierbei ist eine Abweichung von 6 % nach oben und 6 % nach unten für Leuchtkraft sowohl als für Energieverbrauch zulässig. Wenn mehr als $^1/_4$ der der Prüfung unterworfenen Lampen diese Grenzen überschreitet, so kann die Sendung zurückgewiesen werden.

§ 2. Massgebend für die Lebensdauer der Glühlampe ist die Nutzbrenndauer. Unter letzterer versteht man diejenige Brenndauer in Stunden, innerhalb welcher die Lampe bei ihrer verzeichneten Normalspannung um 20 % von der auf ihr verzeichneten Leuchtkraft abgenommen hat.

[1]) Vergl. ETZ 1897, S. 778; 1898, S. 61.

Die mittlere Nutzbrenndauer wird von den Glühlampenfabriken angegeben.

§ 3. Die photometrischen Messungen sind so auszuführen, wie die hierzu ernannte Subkommission des »Verb. dtschr. Elektrotechniker« vorschlagen wird.[2])

§ 5. Die Glühlampen-Kommission empfiehlt den Gewinde-Sockel (Edison) zur allgemeinen Einführung.

99. Die Glühlampe von Nernst. Mit seiner im Jahre 1897 erfundenen sogen. elektrolytischen Glühlampe hat Nernst eine bereits bekannte Erscheinung in origineller Weise verwertet, um eine neue Gattung elektrischer Lampen zu schaffen. Man hatte schon vor Jahren beobachtet, dass manche Nichtleiter der Elektricität, von der Art des gebrannten Tones, Porzellanes u. s. w. leitend werden, wenn man sie auf eine genügend hohe Temperatur erhitzt. Nur so liess es sich z. B. erklären, dass Scheidewände aus den genannten Substanzen, welche man bei der Elektrolyse feuerflüssiger chemischer Verbindungen anwandte, nicht aushielten, sondern bald zerstört wurden. Sie waren in der Glühhitze leitend geworden und unter Mitwirkung der geschmolzenen Substanz, in der sie sich befanden, elektrolytisch zersetzt worden. Sie zeigten somit in der Glühhitze ein Verhalten, welches demjenigen von Salzen (z. B. Chloriden), welche ebenfalls im festen Zustande Isolatoren sind, geschmolzen dagegen den Strom elektrolytisch leiten, ganz analog ist. Ferner ist in neuerer Zeit festgestellt worden, dass beim Durchschmelzen von Bleisicherungen, welche in Porzellan teilweise eingeschlossen waren (vergl. Abschnitt V), die durch den entstandenen Lichtbogen erhitzten Porzellanteile sich als Leiter der Elektricität verhielten, indem sie das Weiterbrennen des Lichtbogens ähnlich wie Metallteile begünstigten. Schon früher ist es Warburg gelungen, auch Glas bei hoher Temperatur zu elektrolysieren, also leitend zu machen.

Nernst verwendet als Glühkörper dünne Stäbchen oder Bügel aus einer weissen, porzellanartigen, hartgebrannten Masse, welche aus einer Mischung von Erden, wie Magnesia, Porzellanerde, Zirkonerde, Thoroxyd, Yttriumoxyd u. dergl. besteht. Die Zusammensetzung und Herstellungsart wird geheim gehalten. Die beiden Enden des Glühkörpers sind mit metallenen Zuleitungen versehen. Diese bestehen an den Verbindungsstellen mit dem Leuchtkörper aus Platin und sind hier von einem Kitt umhüllt. Die Anordnung ist derart, dass der Kontakt beim Glühen des Körpers nicht schlechter werden kann.

Wird ein so vorgerichteter Glühkörper auf etwa 600 bis 700° C. erhitzt, während er mit einer Wechselstromquelle von genügender Spannung verbunden ist, so fliesst der Strom durch den nun leitend gewordenen Körper, erhitzt ihn bis zur strahlenden Weissglut und erhält ihn im Glühen. Doch auch Gleichstrom kann dazu benutzt

---

[2]) Die bezüglichen (1898 angenommenen) Vorschläge sind abgedruckt ETZ 1897, S. 473.

werden. Wenn auch von vornherein zu vermuten war, dass die bei gleichgerichtetem Strome eintretende Elektrolyse eine rasche Zerstörung des Glühkörpers herbeiführen würde, so ist letzteres doch glücklicherweise nicht der Fall. Die Zersetzungsprodukte der Elektrolyse scheinen sich, wahrscheinlich durch Diffusion, sofort wieder zu vereinigen bezw. durch den Sauerstoff der Umgebung zu ergänzen, sodass der Glühkörper erhalten bleibt.[1])

Allerdings ist die Dauerhaftigkeit eines derartigen Körpers nicht unbegrenzt. Sie wird zur Zeit (1902) auf etwa 300 Brennstunden angegeben. Da die zum Glühen gebrachte Substanz unverbrennlich ist, braucht sie nicht von der Luft abgeschlossen oder gar in einen luftleer gepumpten Behälter eingesetzt zu werden. Man kann sie daher offen glühend oder nach Belieben von einer halboffenen oder auch geschlossenen Glashülle umgeben verwenden.

Besonders wichtig ist, dass die Nernst'sche Lampe für gleiche Lichtstärke erheblich weniger Energie verbraucht, als die Glühlampen mit Kohlefaden (vergl. die unten folgenden Messungsresultate). Der Grund davon liegt teils in der höheren Temperatur, auf welche der Nernst'sche Leuchtkörper im Vergleich zur Kohle erhitzt werden kann, teils darin, dass der Glühkörper bei gegebener Temperatur im Verhältnis mehr Licht- und weniger Wärmestrahlen aussendet als die Kohle. Hierauf beruht ja zum Teil auch die Überlegenheit des aus ähnlichen Substanzen bestehenden Auer'schen Glühstrumpfes über die gewöhnliche Gasflamme. Wie schon in **80** und **94** ausgeführt wurde, wächst die Lichtmenge, welche ein Körper aussendet, weit rascher als die Temperatur, auf die man ihn erhitzt und auch, bei Erhitzung durch den Strom, bedeutend schneller als die zugeführte elektrische Energie. In der hohen Temperatur ist auch die fast rein weisse, dem Tageslicht ähnliche Farbe des Nernstlichtes begründet, allerdings auch dessen starke Blendung, die ein direktes Hineinsehen fast unmöglich macht. 1 *qmm* Oberfläche des Leuchtkörpers sendet, nach Nernst, eine Lichtmenge von 10 bis 16 Kerzen aus, wonach die Flächenhelle (vergl. **79**) 1000 bis 1600 betragen würde.

Ein weiterer Vorzug der Lampe besteht darin, dass der Glühkörper sich ohne Schwierigkeit für 200 bis 220 Volt und auch noch wesentlich höhere Spannungen, und zwar ohne Gefahr für seine Haltbarkeit, herstellen lässt, wodurch die Anwendung derartiger wirtschaftlich günstiger Betriebsspannungen erleichtert wird.

Dem steht als wesentlichster Mangel gegenüber die Notwendigkeit, den Glühkörper erst erhitzen zu müssen, bevor er den Strom zu leiten vermag, was die »Anzündung« jeder einzelnen Lampe mit

---

[1]) Vergl. hierüber Nernst, Zeitschr. f. Elektrochem. VI., S. 42.

einer Flamme, oder aber die Zufügung einer selbsttätigen Anheizvorrichtung erforderlich macht, welche die Lampe verteuert und den Betrieb kompliziert. Hierzu kommt ferner die bei der hohen Temperatur des Leuchtkörpers begreifliche, grosse Empfindlichkeit des Lichtes gegen Schwankungen der Betriebsspannung, welche zum Vorschalten eines metallischen Widerstandes zur Beruhigung (»Polsterung«) zwingt. Dieser Vorschaltwiderstand vergrössert bei Zunahme der Spannung bezw. der Stromwärme seinen Betrag, während der Glühkörper, der, wie alle Elektrolyten (und auch die Kohle), einen »negativen Temperaturkoeffizienten« besitzt, seinen Widerstand vermindert. Auf diese Weise wird ein gewisser Ausgleich erzielt, allerdings auch in dem Vorschaltwiderstande etwas Energie verloren.

Häufige Überschreitung der normalen Spannung um mehrere Prozente soll die Lebensdauer des Leuchtkörpers wesentlich verkürzen.

Die »Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft« in Berlin, welche die Nernst'schen Patente erworben hat, stellte die Lampe anfänglich (1899) in einer Form für Erwärmung mittels einer Flamme her.

Bei diesem Modell war der Leuchtkörper *L* (Fig. 214) hufeisenförmig gebogen. Bei einer Lichtstärke von 25 Kerzen und einer Spannung von 220 Volt betrug seine Länge etwa 17 *mm* bei einem Durchmesser von 0,36 *mm*. An beiden Enden ist die porzellanartige Masse verdickt und diese Verdickungen umhüllen die Enden der aus Litzen von Platindraht bestehenden Stromzuleitungen *P P*. Diese letzteren sind nur etwa 3 *mm* lang und dann mit den abgeflachten Enden von 0,8 *mm* starken Nickeldrähten *N N* vernietet. Jeder der beiden Nickeldrähte ist, wie die Abbildung zeigt, zweimal rechtwinklig gebogen und der so gebildete Rahmen durch ein dazwischen gekittetes Stäbchen *S* aus Porzellan versteift.

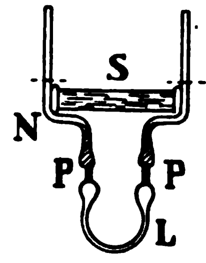


Fig. 214.

Der bis jetzt beschriebene und in Fig. 214 für sich allein in natürlicher Grösse abgebildete Teil der Lampe, der den Leuchtkörper enthält, ist auswechselbar. Er wird mit den langen Enden der Nickeldrähte *N N* in zwei aus dem Lampenfuss herausragende Messingröhrchen *M M* (Fig. 215) von 1,5 *mm* äusserem Durchmesser mit Reibung eingeschoben. Der Lampenfuss A_1 A_2 ist ein gewöhnlicher Edison-Sockel, in dessen Porzellanteil B die beiden genannten Messingröhrchen eingekittet sind, wie die Abbildung im Schnitte zeigt. Zwischen denselben befindet sich der Vorschaltwiderstand *W* in Gestalt eines ca. 0,1 *mm* starken Eisendrähtchens, das auf ein Porzellanröhrchen von 22 *mm* Länge und etwa 0,8 *mm* Durchmesser in einigen 30 Windungen aufgewickelt ist. Die Enden des Drähtchens sind mit zwei stärkeren Zuleitungsdrähten verbunden. Der Vorschaltwiderstand ist zur Verhütung von Oxydation in eine beiderseits zugeschmolzene, luftleer gemachte Glasröhre *R* von etwa 33 *mm* Länge und 12 *mm* Durchmesser eingeschlossen.

Der Stromlauf ist folgender: Vom Gewindestück A_1 des Sockels durch das rechte Messingröhrchen *M* und den darin steckenden Nickeldraht *N* zum Leuchtkörper, dann vom linken Messingröhrchen durch den Vorschaltwiderstand zu dem Kontaktplättchen A_2 des Sockels.

Zum Schutze des leicht zerbrechlichen Leuchtkörpers und zum Mildern der Blendung wird eine unten offene, mattierte Glasglocke (in Fig. 215 punktiert angedeutet und mit *G G* bezeichnet) übergestülpt und am Rande des Sockels durch Bajonettverschluss befestigt. Die in der Abbildung in natürl. Grösse dargestellte fertige Lampe ist mit Glocke 90 *mm* lang. Der untere Rand der letzteren steht noch etwa 7 *mm* über den Leuchtkörper vor.

Zur Anwärmung des Leuchtkörpers genügte die Flamme eines Streichholzes. Doch verwendete man zur Verhütung von Beschädigungen besser einen Spirituszünder, wie solche von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft zu diesem Zwecke hergestellt wurden.

Im Jahre 1900 kam dann eine Lampe mit selbsttätiger Anwärmung (Automatlampe) in die Öffentlichkeit. Bei dieser ist der Leuchtkörper ein gerades, horizontal liegendes Stäbchen *L* (Fig. 216, natürl. Grösse), das an der kräftigen, im Schnitt dargestellten Porzellanplatte *SS* in etwa 6 *mm* Abstand von derselben montiert ist. Seine freie Länge beträgt bei der Type für 25 Kerzen und 220 Volt etwa 17 *mm* bei 0,35 *mm* Durchmesser. Bei der 50 kerzigen Type ist die Länge annähernd die gleiche, der Durchmesser entsprechend grösser.

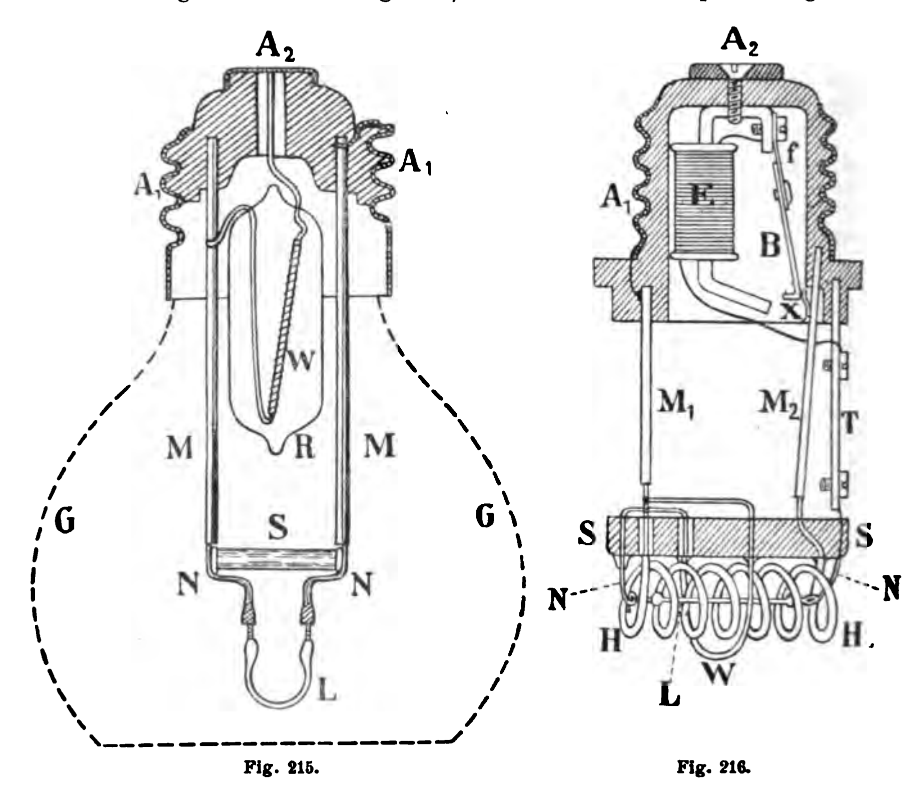


Fig. 215. Fig. 216.

Die Zuleitung des Stromes wird wieder durch Litzen aus dünnem Platindraht vermittelt, die in die verdickten Enden des Leuchtkörpers eingeführt und andrerseits an kräftigen Nickeldrähten *N*, welche die Porzellanplatte *S* durchsetzen, befestigt sind.

Die Anwärmung des Leuchtkörpers wird bewirkt durch den Heizkörper *HH*, der den ersteren in einer Spirale aus etwa 7 Windungen von 9—10 *mm* Durchmesser umgibt. Der Heizkörper besteht aus feinem Drahte eines Metalles von grossem spezifischen Widerstande, den man zunächst zu einer engen Spirale von etwa 1 *mm* Weite gewickelt und diese dann in der vorgenannten Weise zu weiten Windungen aufgewunden hat. Alsdann wird das Ganze in einen Brei aus einer Art von Porzellanmasse getaucht, welche die feinen Spiralgänge ausfüllt und einhüllt, worauf man sie durch leichtes Brennen erhärten lässt. Auf

diese Art schützt die Porzellanmasse den in ihr eingebetteten Metalldraht beim Glühendwerden vor Verbrennung oder Oxydation und bildet zugleich eine grosse, die Wärme stark ausstrahlende Oberfläche. Da die Heizspirale den Leuchtkörper umgibt, so verdeckt sie natürlich auch einzelne Teile des letzteren und vermindert dadurch etwas seine nutzbare Lichtstärke. Der Heiz- und der Leuchtkörper sind mit ihrem einen Ende verbunden, während die anderen Enden frei sind. Infolgedessen stehen an der Unterseite der Porzellanplatte *S* drei metallische Zuleitungen heraus.

Die eben beschriebenen Teile sind an der Porzellanplatte durch Kitt befestigt und dieses ganze Stück kann zum Zwecke der Auswechslung von der übrigen Lampe abgenommen werden, sobald der Leuchtkörper unbrauchbar geworden ist. Auf der Platte *S* ist endlich auch noch der Vorschaltwiderstand *W* angebracht. Dieser ist bei der vorliegenden Type, in ähnlicher Weise wie der Heizkörper, aus einer feinen Spirale (Weite der Windungen ca. 0,7 *mm*) dünnen Metalldrahtes gebildet, deren Windungen man dann mit einer porzellanartigen Masse völlig eingehüllt hat. Der Widerstand überbrückt die Heizspirale in Form eines halbkreisförmigen Bügels.

Der Fuss der Lampe ist auch hier ein gewöhnlicher Edison-Gewindesockel, in dessen innerer Höhlung die ganze Vorrichtung zum selbsttätigen Ausschalten des Heizkörpers Platz findet. Aus ihm ragen die beiden Messingröhrchen M_1 und M_2 sowie die mit zwei Schräubchen versehene messingene Schiene *T* heraus. An diesen Teilen wird die den Leucht- und den Heizkörper tragende Porzellanplatte *SS* in der Weise befestigt, dass man die beiden aus ihrer Rückseite hervorstehenden Nickeldrähte, welche mit den Enden der Heizspirale verbunden sind, in die Messingröhrchen steckt und einen geschlitzten Blechlappen, der zu dem freien Ende des Leuchtkörpers führt, unter das Schräubchen am Ende der Schiene *T* klemmt. Nach Lösen dieser Schraube kann die Platte *SS* mit den darauf sitzenden Teilen herausgezogen und ausgewechselt werden.

Der Sockel A_1 A_2 der Lampe ist in der Hauptsache ein Porzellankörper mit geräumiger Höhlung, welche, wie erwähnt, die zum selbsttätigen Ausschalten des Heizkörpers bestimmte Vorrichtung aufnimmt. Diese letztere besteht aus dem Elektromagneten *E* mit dem beweglichen Anker *B*. Die Feder *f* drückt, so lange *E* nicht erregt ist, den Anker gegen den Kontakt *x*. Die mit besponnenem 0,2 *mm* starkem Kupferdrahte bewickelte Elektromagnetspule ist nur 16 *mm* lang bei etwa 9 *mm* Durchmesser. Der Eisenkern hat rechtwinkligen Querschnitt von 5 : 1,5 *mm*. Er ist in der aus Fig. 216 ersichtlichen Weise gebogen, sodass der aus weichem Eisenblech gebildete Anker *B* durch Vermittlung der stählernen Feder *f* den magnetischen Kreis nahezu schliesst.

Beim Einschalten der Lampe fliesst der Strom von dem Blechgewinde A_1 durch M_1 zur Heizspirale *HH* und von da durch M_2 über Kontakt *x* durch den Anker *A* und Feder *f* zu dem Kontaktplättchen A_2 des Sockels. Gleichzeitig steht ihm auch der Weg durch den Leuchtkörper offen, dieser ist jedoch, weil kalt, noch nicht leitend. Durch die intensive strahlende Wärme, welche er von der ihn umgebenden hellglühenden Heizspirale empfängt, zur Rotglut erhitzt, wird er aber bald von einem anfangs minimalen, dann rasch wachsenden Strome durchflossen und beginnt zu leuchten. Damit ist ein zweiter Weg für den Strom geschaffen, welcher von A_1 über M_1 zum Vorschaltwiderstand *W*, Nickeldraht *N*, Leuchtkörper *L*, den zweiten, rechts liegenden Draht *N* und über die Schiene *T* durch den in der Figur erkennbaren Draht zur Spule *E*, dann durch Vermittelung des Eisenkernes nach A_2 führt. Durch diesen Strom wird der Elektromagnet erregt und zieht, unter Überwindung der Gegenkraft der Feder *f*, den Anker *A* zu sich heran. Dadurch öffnet sich der Kontakt bei *x* und der Heizstrom wird unterbrochen. Der Hohlraum des Sockels, in welchem der Schaltmagnet sich befindet, wird durch ein Blättchen Asbestpappe geschlossen.

Zum Schutze gegen Beschädigungen wird die Lampe mit einer kugelförmigen Glocke umgeben, die zur Minderung des Blendens mattiert werden kann und deren aus Blech gebildetes Oberteil die Verbindungsstücke M_1 M_2 und *T* mantelartig umgibt.

Eine zweite Lampe mit selbsttätiger Anwärmung (Automatlampe) Modell *A*, mit vertikalem Leuchtstäbchen hat die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft 1901 herausgebracht. Diese unterscheidet sich von der vorigen in der räumlichen Anordnung der Teile, sowie durch die Grösse und äussere Ausstattung. Dagegen ist die Art, wie die Anregung geschieht und der Heizkörper alsdann selbsttätig ausgeschaltet wird, die nämliche wie bei Modell *B*.

Auch hier ist der Leuchtkörper nebst Anheizvorrichtung für sich auswechselbar. In Fig. 217 (ca. $^1/_2$ der natürl. Grösse) erkennt man deutlich das an beiden Enden verdickte Leuchtstäbchen und die es umgebende, ebenfalls senkrecht stehende Heizspirale. Bei dem Modell für 100 Watt Energieverbrauch ist ersteres, ohne die Endverdickungen, etwa 22 *mm* lang und 0,5 *mm* stark, die Heizspirale gegen 40 *mm* hoch. Bei dem Modell für 200 Watt sind die entsprechenden Masse 27, 0,8 und 48 *mm*. Diese Teile sind unterhalb einer kräftigen Porzellanplatte befestigt. Mit ihren unteren Enden sind sie miteinander und mit zwei kräftigen Nickeldrähten verbunden, die ihrerseits durch ein Querstück unten zusammen hängen und mit der auf der Oberseite der Porzellanplatte rechts herausragenden Hülse Verbindung haben. Das freie obere Ende der Heizspirale ist mit dem oben links aus der Platte vorstehenden Röhrchen, das freie obere Ende des Leuchtkörpers mit der in der Mitte der Platte eingekitteten, mit Klemmschraube versehenen Schiene verbunden.



Fig. 217.

Die vollständige Lampe nebst Glocke ist in Fig. 218 in etwa $^1/_3$ der wirklichen Grösse abgebildet. Der äussere Mantel des Oberteiles besteht aus Messingblech. In dessen breitem Mittelstück befindet sich, auf einer kräftigen Schieferplatte montiert, der selbsttätige Ausschalter für die Heizspirale, der genau wie bei dem zuerst beschriebenen Modell gebaut und nur liegend angeordnet ist. Aus der eben genannten Schieferplatte stehen nach unten heraus zwei vorn geschlitzte Stifte von verschiedener Dicke und eine unten geschlitzte Schiene, sämtlich aus vernickeltem Messing (Fig. 219). Durch Überschieben der an der Porzellanplatte angebrachten beiden Hülsen über die Stifte des Oberteiles und Einschieben des Schräubchens der Schiene in den Schlitz und Anziehen der Schraube wird der auswechselbare Teil an der stets wieder zu benutzenden oberen Partie der Lampe befestigt. Durch die verschiedene Stärke der die Zuleitung bewirkenden Hülsen und Stifte wird erreicht, dass der Leuchtkörper stets mit den gleichen Polen der Stromquelle verbunden, also stets im selben Sinne vom Strome durchflossen wird. Dies ist wünschenswert, da es sich ergeben hat, dass öfterer Wechsel der Stromrichtung eine frühere Zerstörung des Stäbchens herbeiführt. Aus dem gleichen Grunde sind die äusseren Stromzuführungen der Lampe durch + und — gekennzeichnet. Das schlanke, oberste Stück des Messingmantels umschliesst den Vorschaltwiderstand, der bei diesem Modell wieder in ein Glasrohr eingeschlossen ist und aus blankem Drahte von ca. 0,1 *mm* Durchmesser besteht. Das Glas ist, wie eine kleine Glühlampe, mit einem Metallsockel versehen (Fig. 220) und durch Bajonettverschluss festgehalten, sodass der Vorschaltwiderstand ebenfalls ausgewechselt werden kann. Die Löcher in dem umgebenden Blechmantel bewirken Luftzufuhr zu dem Vorschaltwiderstande zum Zwecke der Abkühlung.

Das eben beschriebene Modell *A* wird zur Zeit in drei Typen in den Handel gebracht:

für ca. 110 Watt,	Spannung 220 Volt,	Lichtstärke ca. 74 Kerzen	
» » 220 »	» 220 »	» » 150 »	
» » 110 »	» 110 »	» » 65 »	

Diese Lampen sollen als Ersatz für Gruppen von gewöhnlichen Glühlampen sowie von kleinen Bogenlampen dienen, während das unten beschriebene

Modell *B* an Stelle gewöhnlicher Glühlampen von entsprechender Lichtstärke benutzt werden kann.

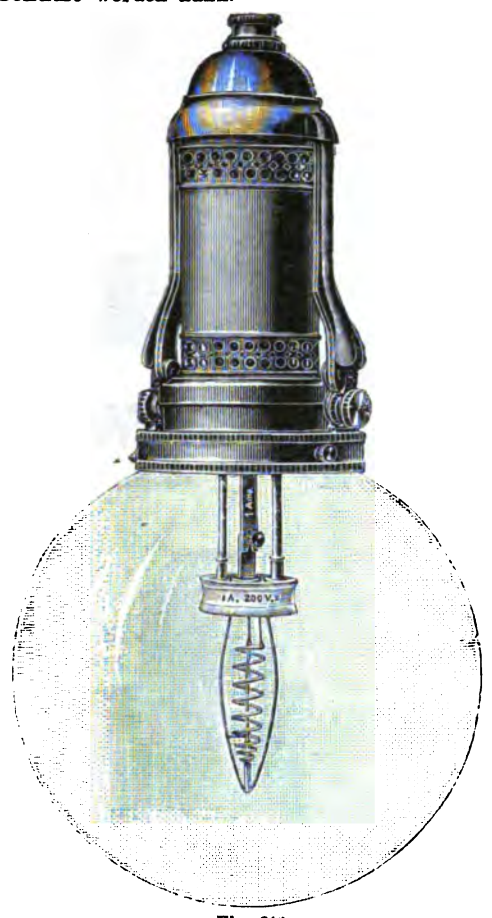


Fig. 218.

Fig. 219.

Fig. 220.

Die neueste Form der Nernst-Lampe für kleinere Lichtstärken (»Modell 1902«) ist in Fig. 221 in $^2/_3$ der natürl. Grösse abgebildet. Sie unterscheidet sich von der älteren (vergl. Fig. 216) hauptsächlich dadurch, dass der Vorschaltwiderstand nicht mehr in Form eines Bügels an der Porzellanplatte angebracht ist, die auch den Leucht- und den Heizkörper trägt. Der Widerstand ist vielmehr, ebenso wie bei Modell *A*, in eine luftleere Glaskapsel eingeschlossen (Fig. 222) und besteht aus mehreren Spiralen sehr feinen blanken Drahtes. Die einzelnen Spiralen sind bei dem Modell für 110 Volt 15 *mm* lang, paarweise parallel und zwei solche Paare hintereinander geschaltet. Bei der Lampe für 220 Volt durchläuft der Strom zwei Spiralen von je 20 *mm* Länge nacheinander. Die Länge der

Glaskapsel beträgt gegen 40 *mm*, ihr Durchmesser 16 *mm*. Aussen trägt sie zwei aufgekittete Blechstücke, mit welchen die Enden der ins Innere führenden Zuleitungsdrähte verlötet sind. Diese Blechfassungen schieben sich beim Einsetzen des Widerstandes in die Lampe zwischen federnde Blechstreifen, welche die Kapsel festhalten und zugleich die Stromzuführung bewirken. Der Vorschaltwiderstand verzehrt bei der Lampe für 220 Volt 20 Volt, bei der für 110 Volt 15 Volt.

Der Leuchtkörper nebst Heizvorrichtung ist auf einer kräftigen runden Porzellanplatte montiert (Fig. 223) und samt dieser auswechselbar. Die Gestalt des Leuchtstäbchens und der Heizspirale nebst Stromzuführungen stimmt mit der der betreffenden Teile bei dem Fig. 216 abgebildeten älteren Modell völlig

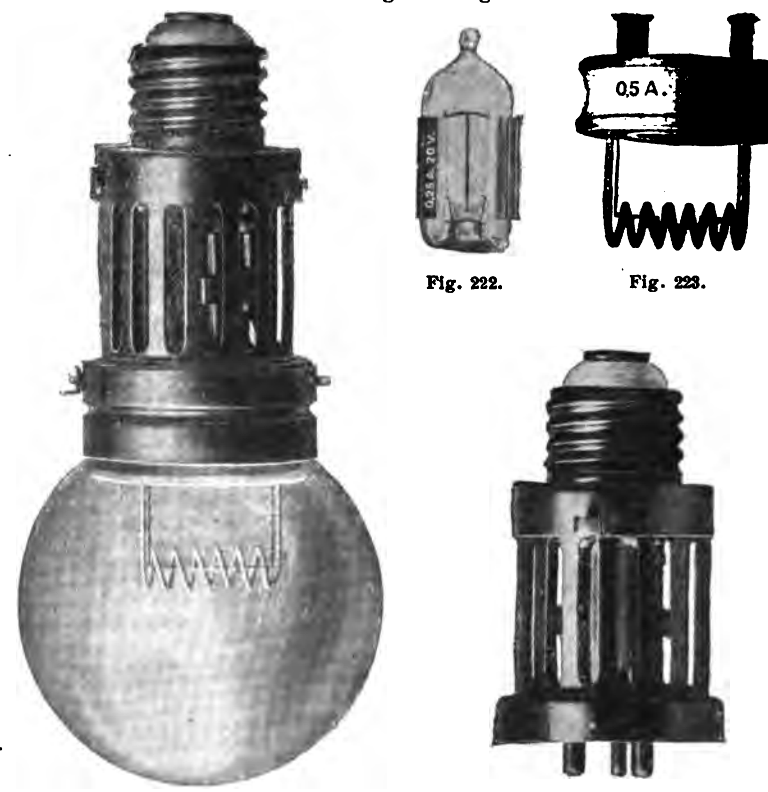


Fig. 222. Fig. 223.

Fig. 221. Fig. 224.

überein. Das Leuchtstäbchen ist bei der Type für 220 Volt 19—20 *mm* lang (zwischen den verdickten Enden gemessen) und etwa 0,3 *mm* stark, bei der Type für 110 Volt 11—12 *mm* lang und 0,6 *mm* stark. Die Länge der Heizspirale ist in beiden Fällen 27 *mm*, die Zahl ihrer Windungen $6^1/_2$. Die lichte Weite der Windungen beträgt bei der Lampe für 220 Volt 8,5 *mm*, bei der für 110 Volt nur 7 *mm*. Auf der dem Leuchtkörper abgewandten Seite der Porzellanplatte ragen drei federnde Blechhülsen hervor (Fig. 223). Von diesen ist die eine, engere mit dem einen Ende des Leuchtstäbchens und zugleich mit einem Ende der Heizspirale in Verbindung, während die beiden nahe beieinander stehenden weiteren Hülsen zu den getrennten zweiten Enden des Leucht- und des Heizkörpers führen.

Aus dem in Fig. 224 für sich dargestellten Oberteil der Lampe stehen die geschlitzten Enden dreier Messingstifte nach unten vor. Auf diese wird die den Leuchtkörper tragende Porzellanplatte mittels der erwähnten Hülsen aufgeschoben. Den ebenfalls im Oberteil, wie bereits erwähnt, befestigten Vorschaltwiderstand umgibt ein mit breiten Schlitzen versehener Blechmantel. In dem hohlen Innenraume des ganz oben befindlichen Porzellankörpers, welcher aussen das Edisongewinde trägt, ist der kleine Umschalt-Elektromagnet untergebracht, genau in derselben Weise wie oben bei dem älteren Modelle beschrieben. Eine klare oder mattierte Glasglocke von etwa 65 *mm* Durchmesser kann am unteren Rande des Oberteiles mittels Bajonettverschluss befestigt werden, sodass sie den Leucht- und Heizkörper umschliesst. Die Höhe der ganzen Lampe nebst Glocke beträgt 150 *mm*. Sie wird ausser mit der gewöhnlichen Edisonfassung auch mit Bajonett-(Edison-Swan)-Fassung geliefert.

Im Gegensatz zu den früheren werden die neuen Modelle der Nernst-Lampe nicht für bestimmte Betriebsspannungen, sondern für bestimmte Normal-Stromstärken gebaut. Diese sind 0,25 Ampère, 0,5 und 1,0 A. Bei einer und derselben Stromstärke unterscheiden sich dann die Lampen verschiedener Lichtstärke durch die Spannung, welche sie bei dieser Stromstärke verzehren. Es ist deswegen auf jedem Brenner ausser der Normalstromstärke noch die Spannung angegeben, welche er verbraucht. Das gleiche geschieht bei den Vorschaltwiderständen. Für eine bestimmte Betriebsspannung wählt man dann Brenner und Widerstand so aus, dass die Summe der von ihnen verzehrten Spannungen mindestens gleich der Betriebsspannung ist. Das Nähere über die verschiedenen Lampengrössen enhält die folgende Tabelle.

Tabelle über **Nernstlampen**, Modell 1902.

Man benütze für Betriebs-spannungen von Volt	Wider-stände für Volt	Brenner für Volt	Man erhält dann bei								
			0,25 Ampère			0,5 Ampère			1,0 Ampère		
			N K	Watt	Watt p. N K	N K	Watt	Watt p. N K	N K	Watt	Watt p. N K
96—100	15	85	13,5	25,0	1,85	28	50	1,77	**59**	**100**	**1,70**
101—105	15	90	14,0	26,2	1,85	30	52,5	1,75	**60**	**105**	**1,70**
106—110	15	95	15	27,5	1,83	32	55	1,72	**65**	**110**	**1,70**
111—115	15	100	16	28,7	1,80	34	57,5	1,69	**68**	**115**	**1,69**
116—120	15	105	17	30,0	1,76	36	60	1,67	**72**	**120**	**1,67**
121—125	15	110	18	31,2	1,73	38	62,5	1,64	**76**	**125**	**1,64**
126—130	15	115	19	32,5	1,71	40	65	1,63	**80**	**130**	**1,62**
131—135	15	120	20	33,8	1,70	41	67,5	1,63	**83**	**135**	**1,62**
136—140	15	125	20,5	35,0	1,70	43	70	1,62	**87**	**140**	**1,60**
141—145	15	130	21	36	1,70	44	72,5	1,62	**90**	**145**	**1,60**
146—150	15	135	22	37,5	1,70	46	75	1,62	**94**	**150**	**1,59**
196—200	20	180	31	50	1,61	**66**	**100**	**1,51**	**132**	**200**	**1,51**
201—205	20	185	31	51	1,61	**68**	**102**	**1,50**	**136**	**205**	**1,51**
206—210	20	190	32	52,5	1,61	**70**	**105**	**1,50**	**140**	**210**	**1,50**
211—215	20	195	33	54	1,61	**72**	**107**	**1,49**	**144**	**215**	**1,49**
216—220	20	200	34	55	1,60	**74**	**110**	**1,49**	**148**	**220**	**1,49**
221—225	20	205	35	56	1,60	**75**	**112**	**1,49**	**151**	**225**	**1,49**
226—230	20	210	36	57,5	1,59	**77**	**115**	**1,49**	**154**	**230**	**1,49**
231—235	20	215	37	59	1,59	**79**	**117**	**1,49**	**158**	**235**	**1,49**
236—240	20	220	38	60	1,57	**81**	**120**	**1,48**	**162**	**240**	**1,48**
241—245	20	225	39	61	1,57	**82**	**122**	**1,48**	**165**	**245**	**1,48**
246—250	20	230	40	62,5	1,56	**84**	**125**	**1,48**	**168**	**250**	**1,48**

Die fettgedruckten Zahlen beziehen sich auf die Lampen des Modelles A, die übrigen auf Modell B.

Von Messungen an der Nernst-Lampe liegen, ausser solchen des Erfinders,[1]) ausführliche Versuche von Wedding[2]) vor. Der letztere bestimmte zunächst die Lichtstärke in horizontaler Richtung, senkrecht zur Achse des Leuchtkörpers, bei Automatlampen der Type B und A, bei der Spannung, für welche die Lampen gebaut waren, also unter normalen Verhältnissen. Aus den mit zahlreichen Lampen vorgenommenen Messungen ergeben sich die folgenden Mittelwerte:

Modell	Spannung Volt	Strom Ampère	Watt	Lichtstärke HK	Glasglocke	Spezif. Verbrauch Watt p. K.
B	220	0,173	38,1	25,7	klare	1,48
B	220	0,353	77,6	55,0	»	1,41
A	220	0,465	102,4	92,4	keine	1,11
A	110	0,905	99,5	69,6	»	1,43

Durch Anwendung einer mattierten Glasglocke tritt ein Lichtverlust von 15—20% ein, sodass der spezif. Verbrauch bei den Lampen für kleinere Lichtstärken auf etwa 1,7 Watt pro Kerze steigt.

Von dem Energieverbrauch der Lampen kommt ungefähr 10% auf den unentbehrlichen Vorschaltwiderstand.[3])

Aus obiger Tabelle ergibt sich, dass der spezifische Verbrauch einer neuen Nernstlampe für Lichtstärken von 25—50 Kerzen, gemessen in horizontaler Richtung senkrecht zur Achse des Leuchtkörpers, höchstens halb so gross ist als diejenige einer neuen Kohlefaden-Glühlampe von 16—32 Kerzen, deren Lichtstärke ebenfalls horizontal und senkrecht zur Ebene des Kohlebügels gemessen wird.

Die »Zündzeit«, d. h. die Zeitdauer vom Einschalten bis zum Erglühen des Leuchtkörpers betrug bei den B-Lampen für 25 Kerzen 9—10 Sek., bei den für 50 Kerzen 21—35 Sek., bei den A-Lampen für 220 Volt 27—30 Sek., bei denjenigen für 110 Volt 37 Sek.

Wedding hat ferner die Leuchtkraft der mit klarer Glasglocke versehenen Nernst-Automatlampen nach verschiedenen Richtungen bestimmt. In einer senkrecht zur Achse des horizontalen Leuchtstäbchens gelegten Vertikalebene änderte sie sich bei einer B-Lampe zwischen 11,0 und 29,4 Kerzen. Der Mittelwert in dieser Ebene betrug 22 Kerzen. Als die Lampe in der durch das Leuchtstäbchen gelegten Horizontalebene rings herum photometriert wurde, ergaben sich Änderungen der Lichtstärke zwischen 5,9 und 26,1 Kerzen. Der Mittelwert war hier 19,7 Kerzen. Bei einer A-Lampe (Leuchtkörper senkrecht) schwankte die Lichtverteilung in der durch das Stäbchen gelegten Vertikalebene, und zwar unterhalb der Horizontalen, im Mittel zwischen 126 Kerzen (Maximum) in horizontaler Richtung und 32 Kerzen (Minimum) senkrecht nach unten. Sie betrug im Mittel 108,4 Kerzen.

Als spezifischen Verbrauch, bezogen auf die mittlere sphärische Helligkeit (also für den ganzen Raum unter- und oberhalb der Horizontalen) erhielt Wedding 1,87 Watt pro Kerze für die A-Lampe von ca. 200 Watt. Eine ebenso untersuchte Kohlefaden-Glühlampe von etwa 24 Kerzen horizontaler Lichtstärke für 118 Volt verbrauchte pro Kerze der mittleren sphärischen Lichtstärke 3,91 Watt. Der spezifische Verbrauch dieser beiden, allerdings recht ungleichen Lampen verhält sich daher wie 1 : 2,1.

Die Änderung der Lichtstärke und des Energieverbrauches mit der Stromstärke und Spannung ist von Wedding an einem nackten

[1]) Nernst, Zeitschr. f. Elektrochemie, VII, S. 373, 1900.

[2]) Wedding, Elektrotechn. Zeitschr. 1901, S. 620.

[3]) Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft gibt an, dass von der Betriebsspannung im Minimum 8% im Vorschaltwiderstande verzehrt werden müssten. Vergl. auch Tabelle Seite 269.

Leuchtstäbchen für 165 Volt normale Spannung untersucht worden, das er nur in horizontaler Richtung photometrierte. Mit einem regulierbaren Vorschaltwiderstande war es in einen Stromkreis von 220 Volt geschaltet. Als der Vorschaltwiderstand stufenweise vermindert wurde, ergaben sich die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Beobachtungen:

Tabelle 41.

Spannung Volt	Strom Ampère	Watt	Lichtstärke HK	Spannung Volt	Strom Ampère	Watt	Lichtstärke HK
132,0	0,100	13,2	1,19	167,4	0,44	73,6	90,1
136,4	0,122	16,6	2,73	167,6	0,372	62,3	64,0
142,4	0,149	21,2	5,20	167,4	0,405	67,8	75,2
152,0	0,185	28,1	10,4	166,0	0,445	73,8	90,0
159,0	0,222	35,3	17,5	165,6	0,484	80,1	111,5
165,0	0,271	44,7	29,7	163,0	0,550	89,7	144,0
168,0	0,370	62,2	63,6				

Hiernach steigt bei stetig zunehmender Stromstärke die Spannung anfangs rasch, dann langsamer, um nach Erreichung eines Maximums wieder abzunehmen. Der Grund liegt darin, dass der Widerstand des Leuchtkörpers mit zunehmender Temperatur abnimmt, aber nicht proportional der Zunahme der Stromstärke. Die Lichtstärke wächst wesentlich schneller als die Stromstärke. Fig. 225 gibt die Resultate der vorstehenden Tabelle graphisch wieder. Darin bedeutet *J* die Stromstärke, *E* die Spannung, *A* den Energieverbrauch in Watt, *K* die Lichtstärke. Ferner ist in Fig. 226 die Stromstärke in Abhängigkeit von der Spannung aufgetragen.

Da mit zunehmender Stromstärke die Spannung ein Maximum erreicht und sich dann wieder vermindert, während Energieverbrauch, Temperatur und Lichtstärke weiter wachsen, so können einem und demselben Werte der Spannung

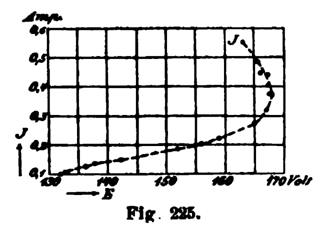


Fig. 225.

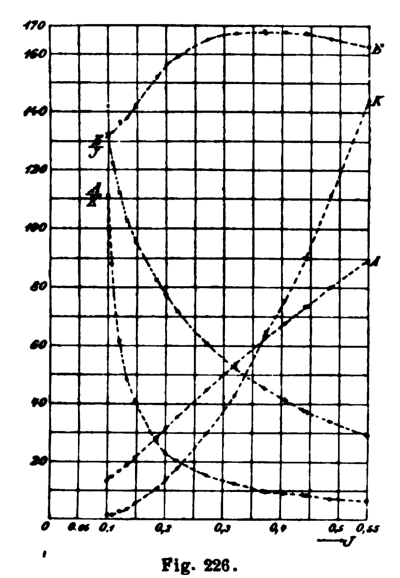


Fig. 226.

zwei Werte der Stromstärke, Lichtstärke u. s. w. entsprechen, je nachdem vor Erreichung des betreffenden Betrages der »kritische Punkt« der Spannung (im vorliegenden Falle 168 Volt) schon überschritten wurde oder nicht. Ist er einmal überschritten, so besteht die Gefahr, dass bei kleinen Änderungen der Spannung sehr hohe, dem Leuchtkörper gefährliche Temperaturen erreicht werden und man muss daher als normale Spannung einen Betrag wählen, der genügend weit unter dem kritischen Werte bleibt. Dies ist bei den käuflichen Lampen auch der Fall. Eine mit Sicherheit gleichmässige Lichtstärke ist nach dem Angeführten nur bei konstanter Stromstärke möglich. Um diese bei den unvermeidlichen Schwankungen der Betriebsspannung in Anlagen zu erreichen, ist, wie mehrfach

erwähnt, ein Vorschaltwiderstand vor den Leuchtkörper geschaltet, dessen Betrag sich bei Schwankungen der Stromstärke in umgekehrtem Sinne ändert wie der des Leuchtkörpers. Das Material und die Grösse dieses Beruhigungswiderstandes müssen so ausgewählt sein, dass er bei Schwankungen der Spannung auf konstante Stromstärke reguliert. Dies ist nach Wedding bei den neuesten Nernstlampen innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen auch annähernd erreicht.

Über die Lebensdauer des Leuchtkörpers und die zeitliche Abnahme der Lichtstärke hat Nernst (l. c.) Versuche an sechs Stäbchen angestellt. Auf Grund derselben kommt er zu dem Schlusse, dass man, bei mittlerer Belastung (ca. 1,35 Watt pro Kerze, ohne Vorschaltwiderstand) und bei Abwesenheit grösserer Schwankungen, bei den dünnsten Stäbchen zur Zeit auf etwa 180 Stunden, bei den dickeren auf das Doppelte und mehr rechnen könne.

Da bei den in Rede stehenden Versuchen nicht die Spannung, sondern die Stromstärke konstant gehalten wurde (was durch allmähliche Erhöhung der Spannung geschah), so ist daraus nicht deutlich zu ersehen, wie die Lichtstärke einer bei konstanter Spannung im praktischen Betriebe brennenden Lampe allmählich sinkt. Der spezifische Verbrauch nahm unter den angegebenen Umständen zu bei einem Leuchtkörper für etwa 30 Kerzen in 231 Stunden von 1,35 bis 1,50 Watt pro Kerze, bei einem zweiten Stäbchen derselben Art in 308 Stunden von 1,30 bis 1,42 Watt pro Kerze, bei einem Stäbchen für ca. 60 Kerzen in 447 Stunden von 1,21 auf 1,45 Watt pro Kerze. Die zeitliche Zunahme des spezifischen Verbrauches scheint in den ersten hundert Stunden am grössten zu sein.[1])

Hülse (»Electrician« 1902, S. 947 und 973) hat bei drei Nernstlampen, welche in England fabriziert waren und bei konstanter Spannung brannten, eine Lebensdauer von durchschnittlich 473 Stunden beobachtet. Doch war die Ökonomie nach 350 Stunden so weit gesunken, dass man praktisch die Lampen hätte auswechseln müssen.

Die Nernst'sche Erfindung hat bei ihrem Bekanntwerden, zu Anfang des Jahres 1898, grosse Hoffnungen bei allen Fachleuten erweckt. Doch hat ihre Ausgestaltung zu einer technisch brauchbaren Lampe ungewöhnliche Schwierigkeiten bereitet. Diese sind zur Zeit, nachdem die »Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft« über vier Jahre mit grosser Energie an diesem Probleme gearbeitet, noch nicht völlig überwunden. Infolgedessen kann auch heute noch keine Rede davon sein, die Nernstlampe werde bald die Kohlenglühlampe verdrängen. Doch besteht die Hoffnung auf weitere Vervollkommnung und damit die Erwartung, dass in nicht zu ferner Zukunft die neue Lampe vermöge ihres geringen Stromverbrauches ein wirksamer Konkurrent des Gasglühlichtes und durch die leichte Anwendbarkeit höherer Spannung ein Mittel zur Verbilligung der Leitungsnetze werde.

100. Auers Osmiumlampe. Der Erfinder des Gasglühlichtes, Dr. Auer von Welsbach in Wien, hat eine Glühlampe konstruiert, deren Einführung in den Verkehr (nach Angabe der »Deutschen Gasglühlicht-Aktien-Gesellschaft«) nahe bevorsteht. Als Glühkörper verwendet er Osmium, ein dem Platin verwandtes, seltenes Metall, dessen Schmelzpunkt jedoch wesentlich höher liegt als der des letzteren. Es ist Auer gelungen, aus diesem Metalle, das bisher nur in Pulverform bekannt war, dünne Drähte herzustellen. Ein solcher Faden wird in einen Glasballon eingeschlossen, den man luftleer pumpt, da das Metall sich beim Glühen an der Luft oxydieren würde.

Das Osmiummetall verträgt dauernd wesentlich höhere Temperaturen als Kohle, und aus diesem Grunde, sowie weil bei gleicher Temperatur an der Oberfläche des glühenden Osmiums mehr von der zugeführten Wärme nutzbar in

---

[1]) Zahlreiche wissenswerte Angaben über die Nernstlampe und deren Verhalten im Betriebe bringt Wurts, E T Z 1901, S. 855.

Licht umgesetzt wird, als bei der Kohle,[1]) erzielt man bei ersterem eine günstigere Ausnutzung der elektrischen Energie. Der Stromverbrauch einer neuen 20kerzigen Osmiumlampe beträgt, nach Scholz, 1,4 bis 1,5 Watt pro Kerzenstärke, also höchstens die Hälfte von dem einer Kohlenglühlampe gleicher Lichtstärke, und nicht mehr als der des Nernst'schen Glühkörpers. Im Gegensatz zu dem letzteren kommt aber der Osmiumfaden beim Anschalten des Stromes von selbst ins Glühen und bedarf keines Vorschaltwiderstandes.

Ein wesentlicher Nachteil haftet der Osmiumlampe jedoch an. Da das Metall im Vergleich zur Kohle gut leitet und sich nicht in beliebig dünne Fäden ausziehen lässt, so können Lampen mittlerer Lichtstärke nur für verhältnismässig niedere Spannungen hergestellt werden. 20kerzige Lampen z. B. nur für 25 bis 30 Volt.[2]) Dadurch wird man genötigt, in Gleichstromanlagen von ca. 110 Volt Betriebsspannung 4—3, bei ca. 200 Volt noch entsprechend mehr Lampen hintereinander zu schalten. Die Lampen einer solchen Serie sind dadurch voneinander abhängig, können nur zugleich entzündet und ausgelöscht werden.

Bei Anlagen für Wechselstrom, sowie bei reinem Akkumulatorenbetrieb, wie in Eisenbahnwagen, lässt sich dieser Übelstand allerdings vermeiden.

Die Lebensdauer der Osmiumlampe ist (nach Scholz) sehr befriedigend und beträgt 1000—1200 Brennstunden und darüber. Während der Brennzeit findet nur eine sehr geringe Abnahme der Lichtstärke infolge Verdampfung des Metalles und Beschlagens der Innenwand der Glasglocke statt. Nach 1500 Brennstunden soll sich die Lichtstärke einer untersuchten Lampe nur um 12% vermindert haben. Eine gebrauchte Lampe kann jedoch wieder gereinigt und der Metallfaden aufs neue benutzt werden. Auch behält der letztere, selbst nachdem er unbrauchbar geworden, noch einen gewissen Metallwert.

Es bleibt nun zunächst abzuwarten, wie die Auer'sche Lampe die Probe der Praxis bestehen wird.

101. Vorzüge und Nachteile des Bogen- und Glühlichtes. Verwendungsarten beider. Spezifischer Energieverbrauch. Die charakteristischen Eigentümlichkeiten des Bogenlichtes und des Glühlichtes weisen ihnen verschiedene Anwendungsgebiete zu. Die Bogenlampen eignen sich vorwiegend zur Erleuchtung von Plätzen, Strassen, Hallen, Sälen, überhaupt überall da, wo man durch wenige Lichtquellen ein grösseres Gebiet erhellen will und die so entstehenden scharfen dunklen Schatten mit in Kauf nehmen kann. Ausserdem dienen sie zur besonders glänzenden Beleuchtung kleinerer Objekte, wie Geschäftslokale, Schaufenster u. dergl. Dagegen ist das Glühlicht seiner Natur nach hauptsächlich für Innenräume, bis zu den kleinsten herab, bestimmt, insbesondere wegen seiner bequemen Teilbarkeit in kleine Beträge. In allen Fällen, in welchen nicht eine kräftige Beleuchtung eines grösseren Raumes, sondern nur die Erhellung eines Zimmers oder vorwiegend die Beleuchtung einzelner Stellen eines Raumes (Arbeitsplätze in Fabriken, Comptoirs, Druckereien u. s. w.) gewünscht wird, ist die Glühlampe am Platze. Doch auch für grössere Säle ist sie wohl geeignet, wenn nur eine genügende Zahl Lampen angebracht wird. Ja, die durch Glühlicht erzielte Be-

---

[1]) Nach einem Vortrage von Scholz, der einzigen authentischen Nachricht, die bisher in die Öffentlichkeit gelangt ist.

[2]) Neuerdings soll es allerdings gelungen sein, Lampen von ca. 20 Kerzen für 60 Volt und darüber zu bauen.

leuchtung eines Saales ist dem Auge besonders angenehm wegen der durch die vielfache Zerteilung der Lichtquellen auf eine grössere Anzahl von Stellen erreichten Gleichmässigkeit und Freundlichkeit, während die Beleuchtung eines Raumes durch wenige starke Leuchtkörper meist etwas Kaltes hat.

Ausser durch seine grosse Teilbarkeit unterscheidet sich das gewöhnliche Glühlicht vom Bogenlichte noch wesentlich durch seine Farbe. Das Licht einer Glühlampe mit Kohlefaden erscheint nur wenig weisser als das einer gewöhnlichen Gasflamme. Dies rührt daher, dass unter den Lichtarten, aus denen sich das Glühlicht zusammensetzt, die roten und gelben Strahlen auf Kosten der blauen und violetten vorwiegen (vergl. **79**) und zwar fast ebenso sehr wie beim Gaslichte. Das Licht einer Bogenlampe dagegen nähert sich, wie früher erwähnt, in seiner Zusammensetzung dem weissen Sonnenlichte und macht deswegen des Abends, wo wir an die vielfach vorherrschende, rötlichgelbe Beleuchtung der Gas- und Petroleumlampen gewöhnt sind, auf das Auge einen bläulichen Eindruck. Hierdurch und durch die ihm eigentümlichen tiefen Schatten erklärt sich die kalte, harte und grelle Wirkung des Bogenlichtes. Andrerseits hat der warme, milde und wohltuende Eindruck, den die Glühlichtbeleuchtung hervorbringt, in der etwas rötlichen Farbe und absoluten Gleichmässigkeit derselben, sowie in der Abwesenheit stark blendender Lichtquellen seinen Grund. Immerhin ist das Glühlicht doch soviel weisser als das Licht der Gasflammen, dass die Farben der damit beleuchteten Stoffe, Dekorationen u. s. w. frischer und kräftiger wirken. Die Farbe des Lichtes der Nernstlampe steht infolge der sehr hohen Temperatur des Glühkörpers zwischen der des Bogenlichtes und der der Kohlenglühlampe.

Wir haben es ferner bei der Bogenlampe mit einer offen an der Luft stattfindenden Verbrennung zu tun, während der in dem Glasballon luftdicht abgeschlossene Kohlefaden der Glühlampen bloss glüht. Dadurch ist bei Verwendung von gewöhnlichem Glühlicht eine Feuersgefahr nahezu ausgeschlossen. Beide Formen von elektrischen Lampen verbreiten im Verhältnis zu der entwickelten Lichtmenge nur sehr wenig Wärme und erhöhen so die Temperatur in den damit erleuchteten Räumen nur unbedeutend. Eine brennende Glühlampe lässt sich mit der Hand anfassen, auch ins Wasser tauchen.

Da ferner das Bogenlicht nur eine sehr kleine Menge Kohlensäure, Glühlicht überhaupt kein Verbrennungsprodukt entwickelt, so kann elektrische Beleuchtung die Luft kaum verschlechtern. Sie ist somit derjenigen durch Leuchtgas in vielen Punkten überlegen, zu welchen noch die äusserst einfache Handhabung beim Entzünden und Auslöschen hinzukommt.

In einer Hinsicht stellt sich die Beleuchtung mit Bogenlampen erheblich günstiger als die mit gewöhnlichem Glühlicht; das Bogenlicht ist, auf gleiche Lichtstärke berechnet, bedeutend billiger, weil bei ihm, der hohen Temperatur wegen, eine bessere Ausnutzung der elektrischen Arbeit stattfindet. Wie in **81** erwähnt, werden in einer Bogenlampe von etwa 6 Ampère ohne Glasglocke für jede Kerze der mittleren räumlichen Lichtstärke unterhalb der Horizontalen ungefähr 0,57 Watt verbraucht, bei einer Bogenlampe für 8 bis 10 Ampère nur etwa 0,5 Watt. Diese Beträge erhöhen sich durch die Notwendigkeit, matte Glasglocken sowie Vorschaltwiderstände anwenden zu müssen, auf etwa 1,0 bezw. 0,9 Watt pro Kerze. Rechnet man daher durchschnittlich 1 Watt pro Kerze, so ist dies nicht zu günstig. Dagegen verbraucht eine 16kerzige Kohlenglühlampe nicht unter 3,0 Watt pro Kerze. (Die Nernstlampe stellt sich in dieser Beziehung allerdings günstiger; solange sie jedoch noch nicht allgemein eingeführt wird, kann sie neben der Lampe mit Kohlefaden nicht ernstlich in Betracht kommen.) Durch die gleiche Menge elektrischer Arbeit kann man also, wenn man damit Bogenlampen speist, eine reichlich dreimal grössere Lichtmenge erzeugen, als bei Kohleglühlampen. In einer Lichtanlage, in welcher 80 % der von der Betriebsmaschine gelieferten effektiven Arbeit an den Lampen nutzbar zur Verfügung stehen, erhält man somit für jede effektive Pferdekraft im Mittel mindestens 600 Kerzenstärken durch mittelgrosse, mit matten Glocken versehene Bogenlampen, dagegen nur etwa 200 Kerzenstärken durch Glühlampen.

IV.

Leitung und Verteilung des Stromes.

102. Allgemeines. Das verbindende Glied zwischen der Stromquelle und den Vorrichtungen, in welchen die elektrische Arbeit nutzbar verbraucht wird, bildet die Leitung. Zwei Punkte kommen bei dieser wesentlich in Betracht: der Widerstand und die Isolation. Da der Widerstand der Leitung einen Verlust an elektrischer Arbeit zur Folge hat (vergl. **7**) und da ferner durch einen relativ erheblichen Betrag desselben der Betrieb einer Anlage verwickelter werden kann, so sucht man ihn möglichst klein zu machen. Schlechte Isolation der Leitungen kann neben Stromverlusten Störungen des Betriebes hervorrufen. Deswegen müssen die einzelnen Leitungsteile sorgfältig gegen die Erde und gegeneinander isoliert werden, sodass dem Strome möglichst kein anderer Weg als der durch die Beleuchtungskörper offen steht.

Als Leitungsmaterial wurde in elektrischen Beleuchtungsanlagen bis vor kurzem ausschliesslich Kupfer verwendet, da es von den unedlen Metallen die höchste Leitungsfähigkeit bezw. den kleinsten spezifischen Widerstand besitzt. Für gutes Kupfer, wie es zu den elektrischen Draht- und Kabelleitungen verwendet wird, beträgt der spezifische Widerstand bei 15° C. etwa 0,0175. Nach **7** findet man also den Widerstand w eines Kupferdrahtes von l Metern Länge und q Quadratmillimetern Querschnitt bei obiger Temperatur aus der Beziehung

$$w = 0{,}0175\,\frac{l}{q}.$$

Eine mehrere Jahre anhaltende ausserordentliche Höhe des Kupferpreises hat Veranlassung zu Versuchen gegeben, Aluminium statt des Kupfers zu elektrischen Leitungen, besonders zu blanken Freileitungen, zu verwenden. Die Leitfähigkeit des Aluminiums beträgt etwa 60 % von der des Kupfers (spezifischer Widerstand ca. 0,029), sodass ein Aluminiumdraht den nämlichen Widerstand wie ein gleich langer Kupferdraht erhält, wenn man ihm den 1,7fachen Querschnitt des letzteren gibt. Da nun das spezifische Gewicht des Aluminiums in Drahtform etwa 2,6, das des Kupfers 8,9 beträgt, so verhalten sich die Gewichte gleich langer Drähte von gleichem Widerstande aus beiden Metallen rund wie 1 : 2. Damit beide Drähte gleichviel kosten, darf somit das Aluminium doppelt so teuer sein als Kupfer. Die »Allg. Elektr.-Gesellschaft« bringt Aluminium in Drahtform zur Zeit zum Preise von 2,70 ℳ für 1 *kg* in den Handel. Bei einem Preise des Kupferdrahtes von 1,90 ℳ für 1 *kg* bedeutet dies eine Ersparnis von ca. 30 %. Doch gilt letztere nur für blanke Leitungen, da bei isolierten die Kosten der Isolierung wegen des grösseren Querschnittes wesentlich höher als beim Kupfer ausfallen.

Die Einführung des Aluminiums als Leitungsmaterial wird beeinträchtigt durch die Schwierigkeit, es zu löten, und bei Freileitungen noch durch seine relativ geringe Zugfestigkeit (20 bis 25 *kg/qmm* in Drahtform) und unvollkommene Luftbeständigkeit. (Vergl. hierüber E T Z 1900, S. 797 u. 811; 1901, S. 101.)

Da für die Berechnung des Widerstandes einer Leitung, des Spannungsverlustes u. s. w. die Art ihrer Isolierung gleichgültig ist, so kann die Isolation zunächst ausser Betracht bleiben.

Ein Verlust an elektrischer Arbeit muss in jeder Leitung stattfinden. Der Betrag desselben ist, wie in **5** ausgeführt wurde, das Produkt: Leitungswiderstand mal Quadrat der Stromstärke. Die in der Leitung verbrauchte Arbeitsmenge erwärmt das Metall der Leitung und erhöht dadurch dessen spezifischen Widerstand, sodass man praktisch überhaupt nur eine kleine Temperaturerhöhung zulassen darf. Die Erfahrung hat ergeben, dass bei Kupferleitungen, welche ihrer Isolierung und Verlegung nach sich nur schlecht abkühlen können, die Erwärmung innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt, wenn die Stromstärke je nach der Grösse des Querschnittes 4 bis 2 Ampère für jedes Quadratmillimeter des Kupferquerschnittes nicht übersteigt. Diese Beanspruchung gilt für Querschnitte von etwa 10 bis 50 *qmm*. Bei dickeren Leitungen kann man nicht viel über 1,5 Ampère pro 1 *qmm* gehen, während Drähte von weniger als 10 *qmm* mit mehr als 4 Ampère pro 1 *qmm* belastet werden können. Blanke, in freier Luft hängende Leitungen vertragen wesentlich höhere Strombelastungen, da sie vollkommener gekühlt sind.

Der Arbeitsverlust in einer Leitung äussert sich, abgesehen von der Erwärmung, praktisch so, dass zwischen den Enden der beiden Leitungsstränge eine kleinere Spannungsdifferenz herrscht, als am Anfange derselben, d. h. an den Polklemmen der Stromquelle. Es findet in der Leitung ein Spannungsverlust statt (vergl. **7**), den man, ausgedrückt in Volt, erhält, wenn man den Widerstand der Leitung mit der Stromstärke in derselben multipliziert. Bei gegebener Leitungslänge und Stromstärke lässt sich der Spannungsverlust durch Verminderung des Widerstandes, d. h. durch Erhöhung des Querschnittes bezw. des Kupfergewichtes herabdrücken. Dementsprechend steigen natürlich auch die Kosten der Leitung. Die letzteren nehmen ausserdem mit wachsender Entfernung zwischen Anfangs- und Endpunkt der Leitung sehr rasch zu. Wenn z. B. bei gleichbleibendem Spannungsverluste eine und dieselbe Stromstärke auf eine bestimmte Strecke, in einem zweiten Falle auf die doppelte Strecke fortgeleitet werden soll, so hat man im letzteren Falle, damit der Widerstand der Leitung trotz der doppelten Länge der gleiche bleibe, auch den doppelten Querschnitt, also das 4fache Kupfergewicht nötig. Steigt die Entfernung auf das 3fache, so macht dies unter den gleichen Bedingungen eine Vermehrung der Kupfermenge auf das 9fache not-

wendig u. s. f. Bei gleichbleibendem Spannungsverlust und Strom nimmt somit das Kupfergewicht zu wie das Quadrat der Leitungslänge. Mit Rücksicht auf die Kosten der Isolierung und der Verlegung wächst der Preis der fertigen Leitung zwar nicht ganz so rasch, aber immerhin in wesentlich schnellerem Verhältnis als die Entfernung.

103. Vorteil hoher Spannungen. Bei beträchtlicher Länge der Leitung wird man somit, wenn die Leitungskosten nicht unverhältnismässig gross werden sollen, genötigt, einen grösseren Verlust in der Leitung (Spannungsverlust) zuzulassen. Doch lässt sich dieser noch auf eine andere Weise als durch Vergrösserung des Kupferquerschnittes verringern. Die am Verbrauchsorte zu speisende Anzahl Lampen bedingt die zu übertragende Menge elektrischer Arbeit. Letztere ist dargestellt durch das Produkt Spannung mal Stromstärke. Ein und derselbe Betrag elektrischer Arbeit kann aber erhalten werden durch Anwendung grosser Stromstärke bei niederer Spannung, oder aber hoher Spannung bei entsprechend kleinerer Stromstärke. Da nun der Verlust in der Leitung ausschliesslich durch die Stromstärke bedingt, von der Spannung dagegen unabhängig ist, so ist der zweite Fall der wirtschaftlich vorteilhaftere. Die Anwendung höherer Spannung bringt bei gleichem Widerstande der Leitung und gleichem Betrage der fortzuleitenden elektrischen Arbeit geringeren Spannungsverlust mit sich. Man kommt also bei gleichem prozentischem Betrage des Verlustes, falls man hohe Spannung anwendet, mit einer dünneren, d. h. billigeren Leitung aus.

Es sei in zwei Fällen der gleiche Betrag A an elektrischer Arbeit auf die gleiche Entfernung l bei gleichem prozentischen Betrage p des Spannungsverlustes fortzuleiten. Wenn für die beiden Fälle die Spannung am Anfange der Leitung mit k bezw. k', die Stromstärke mit i bezw. i', der Spannungsverlust und der Leitungsquerschnitt mit v bezw. v' und q bezw. q', endlich der spezifische Widerstand des Leitungsmetalles mit s bezeichnet wird, so ist:

$$A = k \cdot i = k' \cdot i'; \; i = \frac{A}{k}; \; i' = \frac{A}{k'};$$

$$v = i \cdot s \frac{l}{q} = \frac{p}{100} k;$$

$$v' = i' \cdot s \frac{l}{q'} = \frac{p}{100} k';$$

$$\frac{ls}{p} = \frac{k}{100} \cdot \frac{q}{i} = \frac{k}{100} q \frac{k}{A};$$

$$\frac{ls}{p} = \frac{k'}{100} \cdot \frac{q'}{i'} = \frac{k'}{100} q' \frac{k'}{A},$$

Daher auch

$$\frac{k^2 \cdot q}{100\,A} = \frac{k'^2 \cdot q'}{100\,A};$$

$$\frac{q}{q'} = \frac{k'^2}{k^2};$$

dies heisst in Worten:

Der Querschnitt der Leitung und daher auch das Kupfergewicht nehmen bei Vergrösserung der Betriebsspannung unter sonst gleichen Umständen ab umgekehrt wie das Quadrat dieser Spannung.

Beispiel. In einem Gebäude, welches ca. 250 *m* von der Stromerzeugungsstelle entfernt ist, seien 80 Glühlampen à 16 Kerzen und 53 Watt installiert. In der 250 *m* langen, unverzweigten Zuleitung sollen nur 2 % der Spannung verloren gehen. Beträgt nun die Spannung am Anfang dieser Leitung 112,5 Volt, der Verlust somit 2,25 Volt, so ist, da die Stromstärke beim Brennen aller Lampen $\frac{80 \cdot 53}{110,25} = 38,45$ Ampère beträgt, der Widerstand der Leitung $\frac{2,25}{38,45} = 0,0586$ Ohm. Dem entspricht ein Querschnitt von $\frac{0,0175 \cdot 2 \cdot 250}{0,0586} = 149,6\,qmm$.

Bei der doppelten Betriebsspannung, also 225,0 Volt am Anfange der Leitung beträgt der Spannungsverlust 4,50 Volt, die Stromstärke, bei Annahme gleicher Ökonomie der Glühlampen, $\frac{80 \cdot 53}{220,5} = 19,23$ Ampère, der Widerstand $\frac{4,50}{19,23} = 0,234$ Ohm. Der zugehörige Querschnitt ist $\frac{0,0175 \cdot 2 \cdot 250}{0,234} = 37,4\,qmm$.

104. Nachteile der reinen Parallelschaltung. Es ist in vielen Fällen nicht möglich, die Spannung des Verbrauchsstromes der Entfernung, auf welche derselbe fortgeleitet werden muss, so anzupassen, dass der Spannungsverlust klein bezw. die Leitungskosten niedrig werden.

Schon die Eigenschaft der Glühlampen, sich nicht für beliebig hohe Spannungen herstellen zu lassen, zieht hier eine Grenze. Daraus ergibt sich, dass die Anwendung hochgespannter Ströme zum Zwecke der ökonomischen Überwindung grösserer Entfernungen (bei Gleichstrom) nur eine bestimmte Schaltung der Lampen, nämlich wesentlich nur die Hintereinanderschaltung, zulässt, während bei kleinen Entfernungen jede Schaltungsart nach Belieben gewählt werden kann [1]). Nehmen wir den Abstand der Verbrauchsstellen vom Orte der Stromerzeugung als nicht unbeträchtlich an, so wird bei reiner Hintereinanderschaltung der Lampen die Leitung am billigsten und

[1]) Auf die Möglichkeit, mit Hilfe von Gleichstrom-Umformern oder von an mehreren Unterstationen aufgestellten, beim Laden hintereinander geschalteten Akkumulatorenbatterien auch bei grossen Entfernungen die Lampen parallel schalten und mit niederer Spannung betreiben zu können, soll hier, wo es sich wesentlich um Einzel-Beleuchtungsanlagen und nicht um Anlagen zur Kraftverteilung auf grössere Entfernungen handelt, nicht eingegangen werden.

zugleich am einfachsten. Es ist nur ein unverzweigter Stromkreis vorhanden, von durchweg gleichmässigem Leitungsquerschnitte. Die Spannung an den Polen der Stromquelle ist hoch, da die für die einzelnen Lampen erforderlichen Spannungen sich addieren (vergl. 8). Dementsprechend ist die Stromstärke gering, das Kupfergewicht der Leitung klein. Umgekehrt bedingt die reine Parallelschaltung unter den angenommenen Verhältnissen die teuerste und dabei verwickeltste Art der Leitung. Zunächst muss der ganze noch unverzweigte Strom, gleich der Summe aller Lampenströme, bis zur Verbrauchsstelle geführt werden, was einen grossen Kupferquerschnitt für diese Hauptleitung nötig macht. Am Verbrauchsorte verteilt sich der Strom in eine grössere Zahl von Einzelleitungen von allerdings geringerem Querschnitt, jedoch zusammen grosser Länge.

Die gemischte Schaltung (vergl. 8) steht bezüglich der Kosten und der Einfachheit der Ausführung zwischen den beiden vorgenannten Schaltungsarten und kann sich in den Verhältnissen mehr der einen oder der anderen nähern, je nach den im Einzelfalle obwaltenden Umständen. Sie soll bei der unten folgenden ausführlicheren Behandlung der beiden Hauptverteilungssysteme mit besprochen werden.

105. Das sogen. Dreileitersystem muss als eine Art gemischter Schaltung angesehen werden. Man kann es sich durch Hinter-

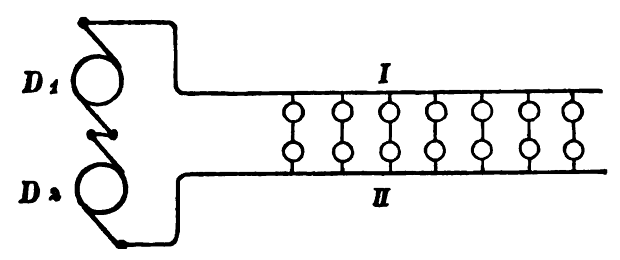


Fig. 227.

einanderschaltung zweier Stromkreise für reine Parallelschaltung entstanden denken, wobei eine Hauptleitung weggefallen ist. Zwei Dynamomaschinen von z. B. je 110 Volt Spannung sind hintereinander geschaltet. Von den freien Polen dieser Stromquelle gehen die beiden Hauptleitungen I und II aus (Fig. 227), zwischen welchen somit eine Spannungsdifferenz von etwa 220 Volt besteht. Zwischen dieselben sind die Glühlampen von je etwa 110 Volt, je zu zweien hintereinander, geschaltet (s. die Fig.). Die von dem Maschinensatze zu liefernde Stromstärke ist somit nur halb so gross, als wenn die gleiche Lampenzahl in reiner Parallelschaltung durch eine Stromquelle von 110 Volt betrieben würde. Der Leitungsquerschnitt braucht

im ersteren Falle also nur halb so gross zu sein als im zweiten. Lässt man ferner in beiden Fällen gleichen prozentischen Spannungsverlust zu, so ist die absolute Grösse desselben beim Dreileitersystem das Doppelte wie bei einfacher Parallelschaltung (z. B. 20 Volt gegen 10 Volt). Es kann also der Widerstand der aus I und II gebildeten Hauptleitung (d. h. der Quotient Spannungsverlust : Stromstärke) wegen der nur halb so grossen Stromstärke 4 mal grösser, das Kupfergewicht 4 mal kleiner sein als bei reiner Parallelschaltung. Mit gleichem Kupfergewichte kann man bei gleicher Lampenzahl und gleichem prozentischen Verluste die doppelte Entfernung erreichen (vergl. **105**).

Indessen würden bei dieser Art der Ausführung immer nur zwei Lampen zusammen eingeschaltet oder ausgelöscht werden können. Um die einzelnen Lampen voneinander unabhängig zu machen, werden die Verbindungsstellen sämtlicher Lampenpaare untereinander und mit der Verbindungsstelle der beiden Dynamomaschinen durch eine besondere Leitung III (Fig. 228), den sogen. Ausgleichs- oder Mittelleiter, verbunden. Dieser ist, solange zu seinen beiden Seiten gleich viele Lampen brennen, stromlos. Sobald aber auf einer Seite mehr Lampen eingeschaltet sind als auf der anderen, liefert die eine Maschine mehr Strom als die andere und dieser Überschuss wird der bezüglichen Seite des Leitungssystems durch die Ausgleichs-

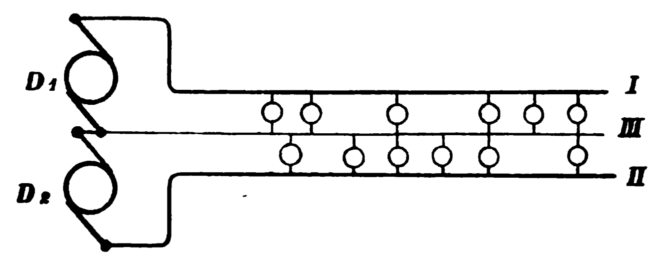


Fig. 228.

leitung zugeführt. In Wirklichkeit wird das Dreileitersystem so ausgeführt, dass man sämtliche Lampen der Anlage in zwei Hälften teilt und auf die beiden Seiten des Mittelleiters verteilt. Dabei ist darauf Bedacht zu nehmen, dass im Betriebe auch die Zahl der auf beiden Seiten wirklich brennenden Lampen zu allen Zeiten ungefähr gleich sei, damit die Ströme, welche die Mittelleitung durchfliessen, immer klein bleiben. Es ist übrigens nicht erforderlich, die Verteilung der Lampen auf die beiden Seiten mit den einzelnen Lampen selbst vorzunehmen, sondern es genügt, dieselben gruppenweise auf beiden Seiten anzuordnen. Man braucht dann mit der dreifachen Leitung nur bis an die grösseren Verteilungspunkte heranzugehen.

Durch die Mittelleitung werden die Leitungskosten allerdings wieder erhöht, allein bei richtiger Verteilung der Lampen auf beide Seiten kann der Kupferquerschnitt der ersteren erheblich kleiner sein als diejenigen der beiden Hauptleiter; man nimmt ihn meistens nicht mehr als halb so gross als diese letzteren. Unter diesen Umständen beträgt die Ersparnis an Kupfer gegenüber dem Zweileitersystem mit der einfachen Spannung 68,7 %. Rechnet man aber die Kosten der Isolation[1]) und Verlegung der Leitungen mit hinzu, so werden bei Anwendung des Dreileitersystems doch nur etwa ein Drittel der Leitungskosten gegenüber der reinen Parallelschaltung erspart. Mit gleichen Kosten der Leitung lässt sich also im ersteren Falle eine um die Hälfte grössere Entfernung erreichen.

Das Dreileitersystem wird z. B. bei grösseren Einzelanlagen von erheblicher räumlicher Ausdehnung, besonders aber bei Centralanlagen für Städtebeleuchtung, vielfach angewendet. Es sei noch bemerkt, dass die Teilung der Spannung statt durch zwei hintereinander geschaltete Dynamomaschinen auch durch eine Akkumulatorenbatterie von entsprechend hoher Zellenzahl geschehen kann. Der Mittelleiter geht im letzteren Falle von der Mitte der Batterie aus; es ist nur eine einzige Dynamomaschine erforderlich, welche die zwischen den beiden Aussenleitern herrschende Spannung liefert.

Die Notwendigkeit, bei Ausführung des Dreileitersystemes mit reinem Maschinenbetrieb stets mindestens zwei Dynamomaschinen laufen lassen zu müssen, hat schon seit Jahren die Elektrotechniker angeregt, das Problem zu lösen, mit einer einzigen Dynamomaschine eine Dreileiteranlage zu betreiben, oder mit anderen Worten, eine Dynamomaschine so zu konstruieren, dass man den Mittelleiter unmittelbar von ihr ausgehen lassen kann. Von den brauchbaren Lösungen seien die beiden folgenden erwähnt.

Von Dobrowolsky versieht zu dem genannten Zwecke die Dynamomaschine mit zwei Schleifringen, welche auf die Welle isoliert aufgesetzt und mit zwei Stellen der Ankerwickelung fest verbunden werden. Diese beiden Stellen liegen bei 2 poligen Maschinen um 180°, bei 4 poligen um 90° u. s. w. auseinander. Man kann in diesem Falle von den Schleifbürsten, welche auf besagten Ringen schleifen, Wechselströme abnehmen (vergl. **II**). Zwischen diese beiden Strom-Abnahmestellen schaltet von Dobrowolsky eine mit zerteiltem Eisenkern versehene Drahtspule (den sogen. Spannungsteiler), deren hohe Selbstinduktion bewirkt, dass die zwischen den Schleifringen bestehende Wechselstromspannung eine nur schwache Stromstärke in ihr hervorbringen kann. Die Mitte der Wickelung dieser Spule ist mit einer Klemme verbunden, und von Dobrowolsky weist nach, dass an dieser Stelle stets die mittlere Spannung in Bezug auf die beiden Gleichstrompole (d. h. die gewöhnlichen, auf dem Kollektor schleifenden Bürsten) besteht. Liefert also die Dynamomaschine Gleichstrom von 220 Volt, so herrscht zwischen jedem der beiden Pole der Maschine und der Mittelklemme des »Spannungsteilers« stets

---

[1]) Der Mittelleiter wird öfter auch unisoliert gelassen, was, wie es scheint, keinerlei Nachteile zur Folge hat. Vergl. hierüber ETZ 1893, S. 386; 1895, S. 162.

eine Spannungsdifferenz von 110 Volt. Man kann infolgedessen den Mittelleiter des Dreileitersystems von der Mitte des Spannungsteilers ausgehen lassen.

Bezüglich der Theorie und der technischen Einzelheiten dieser Vorrichtung, die von der »Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft« schon vielfach angewendet worden ist, sei auf die Original-Abhandlung (ETZ 1894, S. 323) verwiesen.

Zu dem gleichen Zwecke hat G. Dettmar eine sogen. Dreileiterdynamo konstruiert, welche von der Firma W. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a/M. gebaut wird. Bei dieser Maschine ist jeder Pol in zwei nebeneinander liegende, gleichnamige Pole geteilt. Die Magnetschenkel und Wickelungen sind so bemessen, dass jeder so entstandene Pol die Hälfte der Kraftlinienzahl (vergl. **19**) erzeugt, wie ein Pol einer gewöhnlichen Dynamomaschine von gleicher Leistung. Eine zweipolige Dreileiterdynamo hat sonach das Aussehen einer vierpoligen Maschine; ihre Pole folgen jedoch aufeinander in der Reihenfolge N, N, S, S. Dementsprechend besitzt eine vierpolige Dreileiterdynamo 8 Polstücke u. s. f.

Auf diese Art ist nun zwischen je zwei gleichnamigen Polen eine neue neutrale Zone künstlich geschaffen, welche z. B. bei der zweipoligen Maschine rechtwinklig zu der gewöhnlichen, zwischen den ungleichnamigen Polen befindlichen neutralen Zone liegt. Ebenso besitzt die vierpolige Dreileitermaschine zwei neue neutrale Zonen, welche mit den gewöhnlichen Winkel von 45° einschliessen, u. s. f. Lässt man in einer solchen künstlich hergestellten neutralen Zone, d. h. also in der Mitte zwischen zwei gewöhnlichen Strom-Abnahmestellen, eine Bürste schleifen, so teilt diese die Spannung an diesen letzteren in zwei Hälften. Wesentlich ist dabei die Tatsache, dass in den Drahtwindungen, welche eine solche Zone passieren, in diesem Augenblicke keine EMK induziert wird, sodass die Bürste, welche hier schleift, ebensowenig funkt, wie die Hauptbürsten. Von der künstlichen Neutralzone lässt man den Mittelleiter ausgehen.

Näheres über die Maschine von Dettmar findet sich ETZ 1896, S. 615; 1897, S. 55, 230 und 247.

Auf eine weitere Art der Spannungsteilung, durch sogen. Ausgleichsmaschinen, soll hier nicht eingegangen werden.

Die Spannung, mit welcher man das Dreileitersystem betrieb, war bis vor einigen Jahren auf 2 × 110 Volt beschränkt. Der Grund davon lag darin, dass Glühlampen für mehr als etwa 110 Volt nicht dauerhaft genug hergestellt werden konnten. Nachdem inzwischen aber die Glühlampen für ca. 220 Volt wesentlich vervollkommnet worden sind, führt man neuerdings Dreileiteranlagen vielfach mit 2 × 220 Volt aus.

Durch die Verdoppelung der Spannung sinkt aber, nach **103**, bei gleicher Lampenzahl und gleichem Kupfergewichte der Leitungen der Verlust in diesen fast auf ein Viertel. Oder, was dasselbe heisst, bei gleichem prozentischen Betrage des Spannungsverlustes kann man mit gleichem Kupfergewichte die gleiche Lampenzahl in der doppelten Entfernung speisen. Oder: bei gleichbleibender Entfernung können an die gleichen Leitungen viermal so viel Lampen angeschlossen werden, bis derselbe prozentische Spannungsverlust wie bei halber Spannung erreicht wird (vorausgesetzt natürlich, dass man so den Kupferquerschnitt nicht zu hoch mit Strom belastet).

Hieraus ergibt sich, dass die Einführung der Glühlampe von ca. 220 Volt insbesondere für Zentralanlagen einen grossen

Fortschritt bedeutet. Letztere können in diesem Falle, wenn sie neu gebaut werden, bei gleichem Verluste in den Leitungen mit dem gleichen Kupfergewichte den vierfachen Flächenraum wie früher versorgen, oder, wenn schon vorhanden, an ihr Leitungsnetz weit mehr Lampen anschliessen.

Nur der Anschluss von Bogenlampen gestaltet sich bei der genannten Erhöhung der Spannung etwas weniger einfach als früher.

Die reine Hintereinanderschaltung.

106. Die reine Hintereinanderschaltung (Serienschaltung) ist, nach dem oben Gesagten, vorwiegend dann am Platze, wenn die Stromerzeugung nicht nahe am Orte des Verbrauches stattfinden kann. Sie lässt sich jedoch nicht in allen derartigen Fällen auch ohne weiteres anwenden wegen gewisser ihr anhaftender Eigentümlichkeiten. Da alle Lampen in einem einzigen Stromkreise brennen, so hat das Unterbrechen des Stromes an einer Lampe das Auslöschen auch aller übrigen zur Folge. Um eine Lampe auszuschalten, muss man sie deswegen, wie bereits früher erwähnt, kurzschliessen, d. h. die Klemmen der Lampe durch eine metallische Leitung von unerheblichem Widerstande verbinden. Hierdurch wird aber der Widerstand des Stromkreises um den der ausgeschalteten Lampe vermindert, sodass die Stromstärke zunimmt und die weiterbrennenden Lampen zuviel Strom erhalten. Es muss in diesem Falle also an der Stromquelle eine Regulierung vorgenommen werden, sodass der Strom auf seinem normalen Werte erhalten bleibt. Dynamomaschinen, welche in Serie geschaltete Lampen speisen, müssen also auf konstante Stromstärke reguliert werden. Wird nun nicht eine Lampe, sondern eine grössere Anzahl solcher durch Kurzschliessen ausgeschaltet, so geht der Widerstand des Stromkreises so weit herab, dass es, wenn eine Dynamomaschine die Stromquelle ist, kaum möglich ist, die Tourenzahl so weit zu erniedrigen oder die Bürsten so weit zu verstellen oder dergl., dass der Strom konstant bleibt. Zum mindesten arbeitet die Maschine dann sehr unvorteilhaft (vergl. **21**). Viel weniger als die Hälfte aller Lampen zu brennen, dürfte kaum angängig sein, es sei denn, dass man für einen Teil der ausgeschalteten Lampen oder für alle künstliche Widerstände einschaltete. Dann könnten die noch brennenden Lampen zwar ohne Mühe auf normaler Stromstärke gehalten werden, allein wegen der in den Ballastwiderständen nutzlos vergeudeten Arbeitsmenge muss diese Art des Betriebes, wenigstens wenn sie ganz durchgeführt werden sollte, als zu teuer verworfen werden. Damit ist jedoch nicht gesagt, dass sich der zeitweise Ersatz einzelner ausgeschalteter

Lampen durch Widerstände nicht unter Umständen doch als praktisch erweisen kann.

Bei einer Anlage, deren Lampen auf eine grössere Anzahl Räume verteilt sind, also bei den meisten Innenbeleuchtungen, selbst wenn dabei Bogenlampen verwendet werden, liegt meistens das Bedürfnis vor, zu gewissen Zeiten nur einen Teil, oft einen sehr kleinen Teil, der vorhandenen Lampen zu brennen. Infolgedessen ist die reine Hintereinanderschaltung der Lampen für Innenbeleuchtungen wenig geeignet. Ihr Anwendungsgebiet liegt wesentlich da, wo eine gewisse Anzahl Lampen, einerlei ob Bogen- oder Glühlampen, stets zu gleicher Zeit brennen soll und wo ausserdem die Lampen im ganzen von der Stromquelle, event. auch noch einzeln voneinander, beträchtlich entfernt liegen. Die Serienschaltung eignet sich also gut zur Beleuchtung von Strassen und Plätzen, Bahnhöfen, Hafenanlagen, Schiffahrtskanälen, Bergwerken und dergl., auch zu manchen provisorischen Beleuchtungsanlagen (bei Bauarbeiten, Ausstellungen), bei welchen billige Leitungsanlage und einfacher Betrieb verlangt wird.

107. Bogenlampen in Serienschaltung. Die meisten derartigen Anlagen enthalten zur Zeit Bogenlampen. Da die Stromstärke im Stromkreise stets dieselbe bleiben soll, so sind Lampen erforderlich, welche auf konstanten (scheinbaren) Widerstand regulieren (vergl. 86). Man verwendet deswegen zur Serienschaltung ausschliesslich Differentiallampen. Diese müssen mit einer Vorrichtung versehen sein, welche, sobald die Kohlen bis auf einen kleinen Rest abgebrannt sind, die Lampe selbsttätig kurz schliesst, oder welche, unter Ausschaltung der Kohlen und der Drahtspulen, einen dem scheinbaren Widerstande der Lampe gleichen künstlichen Widerstand zwischen ihre Klemmen schaltet (vergl. 89). Soll eine solche Lampe, welche mit anderen in Reihe brennt, während des Betriebes von Hand ausgeschaltet werden, so kann dies, wie erwähnt, nur durch Kurzschliessen geschehen. Dies wird manchmal nötig, wenn der Reguliermechanismus nicht tadellos funktioniert, oder wenn neue Kohlen eingesetzt werden sollen, bevor die alten abgebrannt sind. Gewöhnlich ist dann die Einrichtung derartig, dass man die Lampe herablässt und, bevor man die mit der Leitung verbundenen Teile anfasst, durch Einstecken eines Stöpsels oder Drehen eines Handgriffes eine besondere Kurzschlussvorrichtung schliesst, welche neben der erwähnten selbsttätigen noch vorhanden ist. Es sei noch hervorgehoben, dass sämtliche in einem Stromkreise in Serie geschalteten Bogenlampen nur eine und dieselbe Lichtstärke geben können, da sie alle mit der gleichen Stromstärke brennen, die Lichtstärke bei Bogenlicht aber wesentlich durch die Stromstärke bedingt ist.

108. Glühlampen in Serienschaltung. Seit etwa zwölf Jahren werden nach dem Vorgange von A. Bernstein[1]) auch Glühlampen für Hintereinanderschaltung fabriziert, so z. B. von Siemens & Halske. Diese brennen mit verhältnismässig grosser Stromstärke (bis zu 15 Ampère) und entsprechend niederer Spannung. Wenn auch sämtliche in einem Stromkreise liegende Lampen den gleichen Strom erhalten, so können sie doch verschiedene Lichtstärke besitzen, da durch Veränderung der Länge der Kohle bei gleichbleibendem Querschnitt die Grösse der leuchtenden Oberfläche verändert werden kann. Proportional der Kohlenlänge ändert sich natürlich auch die von der Lampe verbrauchte Spannung. Infolgedessen unterscheiden sich die für eine und dieselbe Anlage brauchbaren Glühlampen verschiedener Lichtstärke nicht, wie bei Parallelbetrieb, durch die Stromstärke, sondern durch die zum normalen Brennen erforderliche Spannung.

Auch bei hintereinander geschalteten Glühlampen geschieht die Ausschaltung einzelner Lampen durch Kurzschliessen derselben. Ein hierzu dienender, im Lampenfusse angebrachter Ausschalter von Bernstein[2]) besteht im wesentlichen aus einem S-förmigen Metallstück, das durch einen aus dem Lampenfusse herausragenden Handgriff um eine horizontale Axe gedreht werden kann. In seiner einen Stellung bildet dieses Stück einen Kurzschluss zwischen zwei metallenen Hülsen, welche den Kontakten der Lampe den Strom zuführen. In der um 90° von der ersteren verschiedenen Stellung ist das S-Stück ausser Verbindung mit den stromführenden Teilen, und dem Strome bleibt nur der Weg durch die Lampe. Bei Lampen, welche höher als Reichhöhe hängen, wird der Kurzschlussausschalter getrennt von der Lampe angebracht.

Glühlampen in Serienschaltung müssen ausserdem noch eine Vorrichtung besitzen, welche verhindert, dass beim Durchbrennen des Kohlenbügels einer Lampe der Strom unterbrochen werde, was ein Verlöschen sämtlicher Lampen zur Folge haben würde. Die einfachste derartige selbsttätige Kurzschlussvorrichtung besassen die Glühlampen von Bernstein. Fig. 229 zeigt eine solche Lampe. Die Kohle hat die Form eines geraden, horizontalen Stabes *a*. Die Zuleitungsdrähte *b b* zu derselben sind in einem Teile ihrer Länge zu Blattfedern ausgehämmert. Bei *c* nähern sie sich bis auf einen kleinen Abstand und werden nur durch den Kohlenstab an der Berührung gehindert. Brennt der letztere durch, so führt die in den Federn vorhandene Spannung dieselben bei *c* zusammen, wodurch der Kurzschluss in der Lampe selbst hergestellt ist. Will man eine durchgebrannte Lampe während des Brennens der übrigen durch eine neue ersetzen, so darf beim Herausnehmen der ersteren aus der Fassung der Strom ebenfalls nicht unterbrochen sein. Es kann zu diesem Zwecke mittels eines Hahnausschalters in der Lampenfassung die Leitung kurzgeschlossen werden, oder es stellt sich, noch einfacher, die bezügliche Verbindung, auch ohne Vorhandensein eines besonderen Hahnes,

[1]) Vergl. ETZ, Jahrg. 1889, S. 506.
[2]) Ebenda, S. 511.

in der Fassung selbsttätig her. Fig. 230 zeigt eine Bernstein'sche Fassung für den letzteren Zweck. Von den beiden schräg nach oben gerichteten Kontaktstücken ist das eine als Hebel um eine Axe drehbar, wird aber durch die Blattfeder nach dem anderen Stücke hin gedrückt. So lange die Lampe in der Fassung sitzt, hält sie mittels ihrer Metallkontakte (siehe Fig. 229) die beiden Stücke auseinander. Zieht man die Lampe heraus, so schnappen die letzteren zusammen und schliessen mittels ihrer vorspringenden Ansätze die Leitung kurz.

Eine demselben Zwecke dienende selbsttätige Kurzschlussvorrichtung von Siemens & Halske ist ausserhalb der Lampe, in der die letztere tragenden Fassung, angebracht. Der wesentliche Teil derselben ist ein Elektromagnet, dessen Drahtwickelung einen Nebenschluss zur Glühlampe bildet. Der Widerstand der Wickelung ist so hoch bemessen, dass, so lange die Lampenkohle unversehrt ist, die Hauptmenge des Stromes durch die letztere geht und nur ein kleiner Teil den Elektromagneten umfliesst. Letzterer ist in diesem Falle nicht imstande, einen durch eine Feder zurückgehaltenen Anker anzuziehen. In dem Augenblicke, in welchem die Lampe durchbrennt, geht der ganze Strom durch die Magnetwindungen; der Anker wird angezogen und dadurch eine Kurzschlussvorrichtung ausgelöst, welche von nun an geschlossen bleibt. Der Kurzschluss kann durch Drehen eines Handgriffes wieder geöffnet werden. Allein nur dann, wenn gleichzeitig eine neue Lampe eingesetzt wurde, ist von

Fig. 229.

Fig. 230.

da ab die Leitung nicht mehr kurz geschlossen. War dies nicht geschehen, so schliesst sich beim Drehen des Griffes eine zweite Kurzschlussverbindung, beim Zurückdrehen wieder die erste. Damit ist ein Unterbrechen des durch die übrigen Lampen fliessenden Stromes ganz ausgeschlossen. Eine ausführliche Beschreibung dieser Vorrichtung, die hier zu weit führen würde, findet sich ETZ, Bd. IX (1888), S. 6.

109. Dynamomaschinen zum Betriebe von Lampen in Serienschaltung. Zum Betriebe von Bogenlampen oder Glühlampen in Hintereinanderschaltung verwendet man Dynamomaschinen mit direkter Wickelung (Serienmaschinen, vergl. **13**). Die Dynamomaschine hat im vorliegenden Falle die Stromstärke zu liefern, welcher auch jede einzelne Lampe bedarf, z. B. 10 Ampère, wenn der Stromkreis Lampen von 10 Ampère enthält, und eine Spannung gleich der Summe der von sämtlichen Lampen verzehrten Einzelspannungen, vermehrt um den Spannungsverlust in der Leitung. Enthält die Anlage nur Bogenlampen, so wird der letztere gewöhnlich nicht besonders berücksichtigt, sondern für jede Lampe 50 bis 55 Volt Spannung angenommen und die Leitung so bemessen, dass das, was die Lampen weniger brauchen, in derselben verzehrt wird. Eine Maschine für 12 Bogenlampen gibt demnach etwa 600 Volt Spannung. Da eine Lampe für 10 bis 12 Ampère ca. 45 Volt gebraucht, so ist in der Leitung ein Spannungsverlust bis gegen 10% zulässig. Die Tabellen in Abschnitt I enthalten einige Angaben über derartige Maschinen von verschiedenen Fabriken. Die Spannungsbeträge, welche die einzelnen Modellgrössen liefern, unterscheiden sich gewöhnlich um 50 oder Vielfache von 50 Volt.

Regulierung auf konstante Stromstärke. Die erforderliche Veränderung der Maschinenspannung, beim Einschalten und beim absichtlichen oder selbsttätigen Ausschalten einzelner Lampen, geschieht entweder durch Veränderung der Tourenzahl der Betriebsmaschine, oder durch Veränderung der magnetischen Feldstärke mit Hülfe eines Nebenschlusses zur Magnetwickelung, oder durch Verstellen der Bürsten am Kollektor der Dynamomaschine. Im letzteren Falle muss man jedoch eine erhebliche Funkenbildung mit in Kauf nehmen, falls nicht, wie bei der Maschine von Thomson-Houston, die Funken durch einen Luftstrom am Entstehen verhindert (ausgeblasen) werden. Sind die Lampen so eingerichtet, dass sie, wenn sie sich selbsttätig ausschalten, dafür einen entsprechenden künstlichen Widerstand einschalten, so entfällt überhaupt jede Änderung der Klemmenspannung der Dynamomaschine.[1] Im übrigen ist während des Betriebes lediglich auf konstante Stromstärke zu regulieren.

Da nun ein selbsttätiges Ausschalten einzelner Lampen im regelmässigen Betriebe nur selten eintritt und das willkürliche Ausschalten von Lampen in den Fällen, in denen reine Serienschaltung, insbesondere von Bogenlampen, angewendet wird, meist ganz wegfällt, hat Bernstein[2]) vorgeschlagen, derartige Anlagen so einzurichten, dass sie sich selbsttätig auf konstante Stromstärke regulieren. Wird eine Dynamomaschine, welche eine Serie Glüh- oder Bogenlampen speist, durch eine besondere Dampfmaschine betrieben, so hat man nur nötig, den Zentrifugal-Regulator der letzteren auszuschalten. Es stellt sich dann, wie Bernstein nachgewiesen hat, stets eine solche Tourenzahl selbsttätig her, dass die Zugkraft konstant bleibt. Diese ist aber bei der Dynamomaschine der Stromstärke proportional und daher bleibt in diesem Falle, auch bei wechselndem äusseren Widerstande, die Stromstärke dieselbe.

---

[1]) In Nordamerika und England sind vielfach Bogenlampen mit zwei Kohlenpaaren in Verwendung, von denen das eine als Reserve dient und, sobald das andere abgebrannt ist, selbsttätig eingeschaltet wird. Neuerdings bauen Körting & Mathiesen ebensolche Lampen. Auch versehen Siemens & Halske ihre Glühlampen für Reihenschaltung auf Wunsch mit einer Einrichtung, welche an Stelle jeder durchgebrannten Lampe automatisch eine Reservelampe entzündet.

[2]) Bernstein, l. c. S. 508.

Vorausgesetzt ist dabei, dass die (im Hauptstrome liegenden) Magnete der Dynamomaschine bei der betreffenden Stromstärke nahezu gesättigt sind, sodass kleine Stromschwankungen das magnetische Feld der Maschine nicht wesentlich verändern, und ferner, dass der Dampfdruck im Kessel konstant bleibt Da jedoch letzteres sich nicht dauernd ermöglichen lässt, so bringt Bernstein einen einfachen Regulator an der Dampfmaschine an. Dieser besteht im wesentlichen aus einer vom Lampenstrome umflossenen Drahtspule, in welche ein Eisenkern, je nach der Stromstärke, mehr oder weniger tief hineingezogen wird. Durch die Bewegung des letzteren wird, durch Vermittelung einer geeigneten mechanischen Vorrichtung, das Drosselventil, dem jeweiligen Dampfdrucke entsprechend, so verstellt, dass die Dynamomaschine, auch bei verschiedener Zahl der brennenden Lampen, stets dieselbe Stromstärke liefert. Ähnliche selbsttätige Reguliervorrichtungen, die entweder auf die Dampfmaschine wirken, oder aber die Bürsten der Dynamomaschine verstellen, sind noch eine ganze Anzahl ersonnen worden.[1])

Aus dem oben erwähnten Grunde gibt man den Dynamomaschinen, welche ausschliesslich Lampen in Serienschaltung speisen sollen, verhältnismässig geringere Eisenmassen und starke Magneterregung, sodass das Verhältnis des Kupfergewichtes zum Eisengewicht bei denselben erheblich grösser ist, als bei den für Parallelschaltungsanlagen bestimmten Nebenschlussmaschinen. Dynamomaschinen, welche speziell zum Betriebe von Serien-Bogenlicht gebaut sind und sich dafür sehr gut bewährt haben, sind die Kugelankermaschine von Thomson-Houston, die Maschine mit Kommutator von Brush, auch die Flachringmaschine von Schuckert.[2])

110. Die Leitung bei Reihenschaltungs-Anlagen. Die Leitung für eine Anlage von Lampen in Serienschaltung besteht aus einem einzigen Drahte, der die Lampen unter sich und mit den Polklemmen der Stromquelle verbindet. Die letztere liegt natürlich am zweckmässigsten inmitten des zu beleuchtenden Gebietes, damit der Teil der Drahtleitung, welcher nicht Lampen unter sich, sondern die erste und letzte Lampe mit der Maschine verbindet, möglichst kurz wird. Indessen sind auch bei einer Lage des Stromerzeugers ausserhalb des Beleuchtungsgebietes, selbst in beträchtlicher Entfernung von demselben, die Leitungskosten, verglichen mit denen bei Parallelschaltung, nicht sehr erheblich. Zur Erläuterung der Berechnung derartiger Leitungen dienen die beiden folgenden

Beispiele: 1. Eine Hafenanlage soll mit 18 Bogenlampen von 12 Ampère Stromstärke beleuchtet werden. Der Abstand der Lampen von einander betrage etwa 120 *m*, die Länge des Verbindungsdrahtes von einer Lampe zur nächsten im Mittel 140 *m*. Die Maschinenstation liege ausserhalb des Beleuchtungsgebietes, sodass die Leitungslänge von der Maschine bis zur nächsten Bogenlampe 300, die von der entferntesten Lampe zur Maschine zurück 2220 *m* beträgt. Die Leitung ist hiernach im ganzen 4900 *m* lang. Die Dynamomaschine, für 18 Bogenlampen bestimmt, gibt normal $18 \times 50 = 900$ Volt. Danach darf der Spannungsverlust in der Leitung höchstens 10%, also 90 Volt betragen. Dies ergibt für die Leitung einen Widerstand von $\frac{90}{12} = 7{,}5$ Ohm. Eine Leitung von 4900 *m* Länge besitzt diesen Widerstand bei einem Querschnitte von (vergl. 102)

$$0{,}0175 \frac{4900}{7{,}5} = 11{,}4\ qmm.$$

[1]) Vergl. S. Thompson, »Die dynamoelektrischen Maschinen«, 4. Aufl., S. 415 und 680 ff.

[2]) Ebenda, S. 399 u. 408. — Kittler, Elektrotechnik, 2. Aufl., S. 951 u. 966.

Diesen Querschnitt hat ein Draht von 3,81 *mm* Durchmesser.

2. Es sei eine Anzahl Strassen durch Glühlampen in Serienschaltung zu beleuchten. Die gesamte Strassenlänge betrage 3900 *m*. In der verkehrsreichsten Strasse sollen im ganzen 34 Lampen zu je 15 Volt, in den übrigen Strassen 60 Lampen von je 10 Volt und 40 von je 6 Volt, welche sämtlich mit 10 Ampère brennen, angebracht werden. Die Länge der (oberirdisch gezogenen) Leitung betrage das Doppelte der zu erleuchtenden Strassenlänge, also 7800 *m*. Die genannten Lampen erfordern zusammen eine Spannung von 1350 Volt. Eine Dynamomaschine für 1500 Volt und 10 Ampère soll benutzt werden. Es können somit 150 Volt, d. h. 10% der Maschinenspannung, in der Leitung verloren gehen. Der Widerstand der letzteren ergibt sich hiernach zu 150 : 10 = 15 Ohm und man findet als Querschnitt derselben:

$$0{,}0175 \frac{7800}{15} = 9{,}10 \ qmm.$$

Dies ist ein Draht von 3,4 *mm* Durchmesser.

Eine Überschlagsrechnung zeigt, dass unter Annahme eines gleich grossen Verlustes die Ausführung einer derartigen Strassenbeleuchtung in reiner Parallelschaltung mit Lampen von 110 Volt und den durch die genannten Lichtstärken bedingten Stromstärken, auch bei günstigster Lage der Stromquelle inmitten des Beleuchtungsgebietes, einen ungleich höheren Aufwand an Leitungskupfer notwendig machen würde.

Verfolgt man die fortwährend neu entstehenden Anlagen für elektrische Beleuchtung, auch solcher Objekte, wie sie in **106** aufgezählt wurden, bezüglich ihrer Einrichtung, so zeigt sich, dass die reine Hintereinanderschaltung z. Z., wenigstens in Deutschland, vergleichsweise selten ausgeführt wird. Sie ist von der Parallelschaltung, welche durch die sich rasch entwickelnde Beleuchtung von Innenräumen grosse Verbreitung erlangt hat, auch aus den ihr eigentlich in erster Linie zukommenden Gebieten zurückgedrängt worden. Es ist sehr wünschenswerth, dass dieses augenblicklich vernachlässigte Leitungssystem, seiner Billigkeit und Einfachheit wegen, bald wieder mehr in Aufnahme komme. Mit der zunehmenden Anwendung der Serienschaltung wird man auch lernen, den Einfluss gewisser Umstände, die z. Z. häufig gegen ihre Einführung geltend gemacht werden, möglichst unschädlich zu machen. Diese Schwierigkeiten liegen zum Teil in der Verwendung der verhältnismässig hohen Spannungen, welche die Hintereinanderschaltung der Lampen mit sich bringt. Es wird dadurch eine besonders sorgfältige Isolation der Leitungen und der in dieselben eingeschalteten Lampen und Nebenapparate sowie der Stromquelle erforderlich, um Stromverluste durch Neben- und Erdschlüsse zu verhindern, deren Einfluss sich bei diesem System besonders stark geltend machen würde. Ausserdem können Ströme von so hoher Spannung Personen, welche zufällig oder absichtlich Teile des Stromkreises berühren, lebensgefährlich werden. Deswegen muss bei Einrichtung der Anlage darauf Bedacht genommen werden, dieselbe so zu gestalten, dass zufällige Berührungen von Leitungsteilen möglichst ausgeschlossen sind, oder dass sie da, wo sie event. vorkommen können, möglichst

keinen Unfall zur Folge haben. Am meisten ist das Bedienungspersonal gefährdet, und diesem ist die äusserste Vorsicht zur Pflicht zu machen. Dadurch wird der Betrieb erschwert und die Anlage durch die erforderliche Anbringung von allerlei Schutz- und Sicherheitsvorrichtungen verteuert, Umstände, welche bei der mit niederen Spannungen arbeitenden Parallelschaltung wegfallen. In Deutschland geht man mit der Spannung in Bogenlichtkreisen nicht über 1000 V, entsprechend 20 hintereinander geschalteten Bogenlampen. Für Glühlampen in Reihenschaltung empfiehlt Bernstein, höhere Spannungen als 1500 V zu vermeiden.[1]) Dagegen sind in Nordamerika und England Stromkreise mit bis zu 50 Bogenlampen, also bis 2500 V Spannung, nichts Seltenes. Ein weiterer Nachteil der reinen Serienschaltung ist der, dass, wenn der Stromkreis durch einen Zufall irgendwo unterbrochen wird, sämtliche in denselben eingeschalteten Lampen erlöschen. Doch lässt sich die Möglichkeit, dass dies eintreten kann, heutzutage nahezu beseitigen.

111. Gemischte Schaltung von Bogenlampen. Aus den vorstehend genannten Gründen zieht man vielfach eine gemischte Schaltung der reinen Hintereinanderschaltung vor. Es werden dabei mehrere Stromkreise, welche je eine gleiche Anzahl hintereinander geschalteter Bogenlampen, bezw. eine mit gleicher Spannung zu betreibende Glühlampenzahl enthalten, von einer und derselben Maschine parallel gespeist (Fig. 5, S. 9). Damit wird zunächst die Spannung, an der Maschine sowohl wie in den Leitungen, beträchtlich reduziert, ausserdem aber eine grössere Zuverlässigkeit der Beleuchtung erreicht. Man gebraucht nämlich die Vorsicht, die Lampen des einen Stromkreises nicht etwa ausschliesslich in einem bestimmten Teil des zu beleuchtenden Gebietes anzubringen, einen anderen Gebietsteil durch die Lampen des zweiten Stromkreises zu beleuchten u. s. f., sondern verteilt die Lampen auf die einzelnen Stromkreise so, dass an jeder Stelle der Anlage sich Lampen aus mindestens zwei Stromkreisen nebeneinander befinden. Tritt dann in einem der Stromkreise eine Störung ein, sodass die zugehörigen Lampen ausgehen, so wird nur die Beleuchtung im allgemeinen lichtschwächer, dagegen herrscht in keinem Teile des zu beleuchtenden Objektes völlige Dunkelheit. Ist z. B. eine Bahnhofshalle mit 24 Bogenlampen à 11 A zu erleuchten, so kann man die letz-

[1]) Glühlichtanlagen mit Serienschaltung zur Beleuchtung von Strassen, Kanälen u. s. w. kommen in neuerer Zeit wieder manchmal zur Ausführung. Doch pflegt man sie jetzt meist mit Wechselströmen zu betreiben, da die erforderliche, selbsttätige Schlussvorrichtung für die Leitung (vergl. **108**) sich bei Wechselstrom einfacher gestaltet und Ströme von hoher Spannung sich bequemer erzeugen lassen.

teren auf 3 Stromkreise von je 8 hintereinander geschalteten Lampen verteilen. Jeder Kreis erfordert 400 V und dies ist die Spannung, welche auch die Dynamomaschine geben muss, während sie, bei Schaltung sämtlicher Lampen in eine Serie, 1200 Volt zu liefern hätte. Dagegen muss die Maschine bei der hier gewählten Anordnung jeden der 3 Stromkreise mit 11 A speisen; also hat sie im ganzen 33 A zu liefern.

Um bei einer aus mehreren Stromkreisen bestehenden Bogenlichtanlage die Unabhängigkeit der einzelnen Kreise voneinander noch weiter zu treiben, pflegt man auch wohl jeden derselben durch eine besondere (Serien-) Dynamomaschine zu speisen. Dadurch wird die Aufstellung einer Lichtmaschinen-Reserve ziemlich überflüssig. Dehnt man die Teilung auch auf die Betriebsmaschine aus, indem man statt einer grösseren zwei kleine aufstellt, so wird dadurch eine grosse Betriebssicherheit der Anlage, auch ohne besondere Reservemaschine, erreicht. Derartige Anlagen finden sich von Siemens & Halske vielfach ausgeführt. In denselben ist gewöhnlich ein sogen. Generalumschalter vorhanden, welcher gestattet, den Strom jeder Dynamomaschine nach Belieben in einen der verschiedenen Stromkreise zu leiten (vergl. Abschnitt V).

Die reine Parallelschaltung.

112. Die reine Parallelschaltung der Lampen ist, wie erwähnt, die zur Zeit am häufigsten, bei Glühlichtbeleuchtung von Innenräumen ausschliesslich angewandte Art der Stromverteilung. Die Lampen sind dabei zwischen zwei von der Stromquelle kommende Hauptleitungsstränge einzeln oder gruppenweise angesetzt. Zu jeder Gruppe führt eine Doppelleitung, von welcher wiederum die einzelnen Lampen ebenso abgezweigt sind, wie die erstere von der Hauptleitung (vergl. Fig. 3, S. 8). Bei einer bis zum äussersten durchgeführten Parallelschaltung müsste zu jeder Lampe eine vom positiven Pole und eine vom negativen Pole der Stromquelle kommende Leitung gezogen sein, welche zusammen nur diese einzige Lampe speisen würden. Um aber nicht eine allzu grosse Zahl einzelner Leitungen zu bekommen, bewirkt man gewöhnlich die Stromzuführung zu jeder einzelnen Lampe nicht von der Stromquelle ab durch besondere Drähte, sondern vereinigt eine möglichst grosse Zahl derselben, soweit sie den gleichen Weg verfolgen, in eine einzige Leitung (vergl. Fig. 234, S. 308). Da sich in dieser Hauptleitung die einzelnen Lampenströme zu einem entsprechend höheren Strombetrage addieren, so muss sie einen der Stromstärke entsprechend grossen Kupferquerschnitt erhalten. Am Beleuchtungs-

gebiete angelangt, teilt sich die Hauptleitung entweder gleich in einzelne Zweige, die nach den grösseren Lampengruppen zu laufen, oder sie ist, bei geeigneten örtlichen Verhältnissen, auch als solche noch weiter geführt, während kleinere Einzelstromkreise von ihr abzweigen. Wie das Leitungsnetz in speziellen Fällen einzurichten ist, lässt sich nicht allgemein angeben. Näheres darüber siehe unter **113.**

Von einer Leitung, bei welcher die Lampen in Serienschaltung liegen, unterscheidet sich ein Leitungsnetz für Parallelschaltung zunächst durch die grosse Zahl der Einzelstromkreise, welche das Verlegen und Verbinden einer beträchtlichen Menge von Drähten bezw. Kabeln nötig macht, ferner durch das erheblich grössere Kupfergewicht der gesamten Leitungen. Das letztere ist eine Folge davon, dass bei der Parallelschaltung die Ströme für die einzelnen Lampen, bei der Hintereinanderschaltung dagegen die Spannungen sich addieren. Wie aber schon in **104** erwähnt, ist der Leitungsquerschnitt von der Spannung unabhängig.

Der Hauptvorzug der Parallelschaltung ist die verhältnismässig grosse Unabhängigkeit der einzelnen Stromkreise voneinander. Durch das zufällige oder willkürliche Auslöschen einer oder mehrerer Lampen, welches durch Öffnen der betr. Stromzweige bewirkt wird, wird das Weiterbrennen der übrigen Lampen nicht gestört. Es ändert (erhöht) sich dabei zwar der äussere Widerstand, auf welchen die Stromquelle arbeitet, allein da deren Klemmenspannung konstant gehalten wird, so erhält jeder der einzelnen Stromkreise im wesentlichen stets die Stromstärke, die seinem Widerstande entspricht.

113. Spannungsregulierung bei Parallelschaltung. Aus dem eben genannten Grunde muss eine Dynamomaschine, welche eine in Parallelschaltung ausgeführte Beleuchtungsanlage speist, auf konstante Klemmenspannung reguliert werden. Da dieses bei einer Serienmaschine, sobald der Stromverbrauch sich öfter ändert, nicht möglich ist, so verwendet man hierzu ausschliesslich Nebenschlussmaschinen oder Kompoundmaschinen. Bei den letzteren hält sich die Spannung selbsttätig ziemlich konstant; bei der Nebenschlussmaschine kann sie mittels des in den Stromkreis der Magnetbewickelung eingeschalteten Widerstandsregulators leicht auf einem bestimmten Betrage gehalten werden. Wie die Maschinenspannung, bei Vorhandensein eines beträchtlichen Spannungsverlustes in der Hauptleitung, dem Stromverbrauche anzupassen ist, soll später erörtert werden.

Die Spannungen, mit welchen Anlagen für reine Parallelschaltung z. Z. gewöhnlich betrieben werden, sind ca. 110 oder ca. 220 V.

Eine normale Spannung von etwa 150 V ist bis jetzt nur vereinzelt im Gebrauch. Bogenlampen können, wie bereits erwähnt, in Parallelschaltung mit Glühlampen verwendet werden. Wird die Anlage mit 65 V betrieben, so kommen die Bogenlampen einzeln in Parallelschaltung, unter Vorschaltung eines entsprechenden Beruhigungswiderstandes. Bei etwa 110 V Normalspannung pflegt man je zwei offen brennende Bogenlampen oder eine sogen. Dauerbrandlampe und einen künstlichen Widerstand, der 25—30 V verzehrt, oder aber drei dafür geeignete Lampen ohne Vorschaltwiderstand hintereinander und diese einzelnen Gruppen dann mit den Glühlampen parallel zu schalten. Man hat es im letzteren Falle also mit einer Art gemischter Schaltung zu tun. Bei 220 V schaltet man 4—6 gewöhnliche Bogenlampen, oder zwei Dauerlampen hintereinander in eine Gruppe. Näheres vergl. **91.**

Berechnung der Leitungen für Parallelschaltung.

114. Allgemeines. Die Berechnung der Querschnitte der Leitungen einer elektrischen Beleuchtungsanlage kann erst ausgeführt werden, wenn für jeden Teil derselben die Länge (Hin- und Rückleitung) und die zu speisende Lampenzahl bezw. die Stromstärke feststehen. Es muss der ersteren also die Ermittelung der Anzahl und Lichtstärke, sowie der Verteilung der zu der Anlage gehörigen Lampen auf die verschiedenen Räumlichkeiten vorausgehen. (Über die Ausführung dieser Arbeit im einzelnen vergl. Abschnitt VIII.) Man fertigt einen genauen Plan des Leitungsnetzes an und vermerkt darin bei jedem unverzweigten Leitungsstück die Länge desselben, sowie die grösste Stromstärke, von welcher es durchflossen wird. Handelt es sich um Beleuchtung eines Gebäudes, so trägt man die Leitungen am einfachsten in einen Grundriss, event. für jedes Stockwerk besonders, ein.

Für die Querschnittberechnung sind zwei Dinge massgebend: die maximale Stromstärke und der Spannungsverlust. Es gibt für jeden Leitungsquerschnitt eine Stromstärke, welche nicht überschritten werden darf, wenn die Erwärmung der Leitung unterhalb der zulässigen Grenze (vergl. **102**) bleiben soll. Die Anzahl Ampère, welche für jedes Quadratmillimeter zugelassen werden kann, ist bei dünneren Leitungen, der besseren Abkühlung wegen, grösser als bei dicken, bei blanken, in der freien Luft geführten Drähten höher als bei umsponnenen, insbesondere, wenn die letzteren an Wänden befestigt oder gar in Röhren verlegt sind. Auf Grund von Betriebs-

erfahrungen rechnet man als maximale Beanspruchung auf 1 *qmm* bei isolierten Leitungen, deren Querschnitt beträgt:[1])

bis 4	10	16	25	35	50	70	95	120	150 *qmm*
5-6	4,0	3,7	3,2	2,6	2,0	1,86	1,7	1,67	1,57 Ampère.

Leitungen von mehr als 150 *qmm* Kupferquerschnitt, insbesondere wenn es in die Erde zu legende Kabelleitungen[2]) sind, werden am besten mit weniger als 1,5 A pro *qmm* beansprucht.

Es kommt nicht eben häufig vor, dass die Berechnung von Leitungsquerschnitten unter ausschliesslicher Berücksichtigung der Stromstärke ausgeführt zu werden braucht. Dies ist nur dann der Fall, wenn auf den Spannungsverlust in dem betreffenden Leitungsteil keine Rücksicht genommen zu werden braucht, so z. B. bei kurzen Leitungsstücken, bei Leitungen für Bogenlampen, oder beim Betriebe einer Anlage mit hoher Spannung bei Serienschaltung, insbesondere dann, wenn der Strom sehr billig (etwa durch Wasserkraft) erzeugt wird. Bei Parallelschaltung von Glühlampen ist bei allen nicht ganz kurzen Leitungen der Querschnitt in erster Linie durch den zulässigen Spannungsverlust bedingt. Der letztere würde, wenn man die Leitungen nach der zulässigen maximalen Strombeanspruchung dimensionierte, meist zu gross ausfallen.

Der Spannungsverlust in einem Leiterstück ergibt sich (nach **7**) durch Multiplikation der Stromstärke mit dem Widerstande der Leitung.

Hierbei pflegt man den spezifischen Widerstand des Kupfers bei mittlerer Lufttemperatur jetzt allgemein zu

0,0175

anzunehmen. Dieser Wert ist auch vorgeschrieben in den hier folgenden Bestimmungen über

Kupfernormalien
des Verbandes deutscher Elektrotechniker.[3])

1. Der spezifische Widerstand des Leitungskupfers wird gegeben durch den in Ohm ausgedrückten Widerstand eines Stückes von 1 *m* Länge und 1 *qmm* Querschnitt bei 15° C.

2. Als Leitfähigkeit des Kupfers gilt der reziproke Wert des durch § 1 festgesetzten spezifischen Widerstandes.

3. Kupfer, dessen spezifischer Widerstand grösser ist als 0,0175, oder dessen Leitfähigkeit kleiner ist als 57, ist als Leitungskupfer nicht annehmbar.

4. Als Normalkupfer von 100 % Leitfähigkeit gilt ein Kupfer, dessen Leitfähigkeit 60 beträgt.

5. Zur Umrechnung des spezifischen Widerstandes oder der Leitfähigkeit von anderen Temperaturen auf 15° C. ist in allen Fällen, wo der Temperatur-

---

[1]) Die angegebenen Zahlen sind den »Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen«, aufgestellt vom »Verbande deutscher Elektrotechniker«, entnommen. Vergl. ETZ 1896, S. 22; 1898, S. 489; 1901, S. 972, sowie den Anhang dieses Buches.

[2]) Vergl. hierüber ETZ 1900, S. 413, 613, 783.

[3]) Vergl. ETZ 1896, S. 402.

koeffizient nicht besonders bestimmt wird, ein solcher von 0,4 % für 1° C. anzunehmen.

Es ist indessen nicht notwendig, zur Ermittelung des erforderlichen Kupferquerschnittes einer Leitung jedesmal deren Widerstand w zu berechnen. Dazu genügen Länge l, Maximalstrom i und Spannungsverlust v. Es ist

$$w = 0{,}0175 \frac{l}{q}, \text{ ferner } v = i \cdot w; \; w = \frac{v}{i}.$$

Durch Gleichsetzen der beiden Ausdrücke für w ergibt sich

$$q = \mathbf{0{,}0175} \frac{l i}{v}.$$

Da das Ausmessen der erforderlichen Leitungslängen an den Beleuchtungsobjekten selbst, oder nach Plänen, stets nur die halbe erforderliche Drahtlänge ergibt, so kann man sich die Multiplikation mit 2, durch welche man l erhält, sparen, indem man in vorstehender Formel den Zahlenfaktor doppelt so gross nimmt und die einfache Weglänge l' der Leitung direkt einsetzt. Dann ist also

$$q = 0{,}035 \frac{l' i}{v}.$$

Soll z. B. in einer Leitung von 64 *m* Länge (Hin- und Rückleitung) bei 22 A Maximalstrom der Spannungsverlust 0,4 V betragen, so ist derselben ein Querschnitt von

$$0{,}0175 \frac{64 \times 22}{0{,}4} = 61{,}7 \; qmm$$

zu geben.

115. Berechnung mittels Tabellen. Wenn bei Berechnung eines Leitungsnetzes eine grössere Anzahl von Querschnitten zu ermitteln ist, entnimmt man diese, statt sie nach der obigen Formel auszurechnen, aus Tabellen. Eine derartige Tabelle richtet man sich so ein, dass sie für die verschiedenen Werte des Produktes $l \times i$ (Länge der Hin- und Rückleitung zusammen in Metern mal der Stromstärke in Ampère) die nach obiger Formel berechneten Querschnitte für verschiedene in Volt ausgedrückte Spannungsverluste enthält. Die Rechnung beschränkt sich in diesem Falle darauf, jedesmal den Wert des Produktes Länge mal Stromstärke zu ermitteln.

Tabelle 42 dient dem vorgenannten Zwecke. Man sucht sich den Wert des Produktes Länge mal Stromstärke (die sogenannten Meter-Ampère) über einer der vertikalen Kolumnen und den gewünschten Spannungsverlust vor einer der horizontalen Zeilen auf. Die Zahl, welche im Schnittpunkte der betreffenden vertikalen und horizontalen Reihe steht, ist der gesuchte Kupferquerschnitt in Quadratmillimetern. Die Tabelle enthält die Produkte Länge mal Stromstärke, von 100 bis 300 um je 10, von da ab um je 50 fortschreitend, bis 1000, die Spannungsverluste von 0,1 bis 2,0 V, jedesmal um 0,1 V fortschreitend, sowie von 2,0 bis 5,0 V, um je 0,5 V zunehmend. Bei Berechnung der Tabelle ist der spezifische Widerstand des Kupfers zu 0,0175 angenommen.

Beispiel 1 einer Querschnittberechnung mit Hilfe von Tabelle 42. In einer auf eine Strecke von 24 *m* gezogenen Leitung soll bei 11,5 A ein Spannungsverlust von 0,7 V stattfinden. Die ganze Leitungslänge ist 48 *m*, das Produkt $l \cdot i = 552$ oder rund 550. Tabelle 42 ergibt in diesem Falle für 0,7 V Spannungsverlust einen Querschnitt von 13,8 *qmm*.

Liegt der Wert von $l \cdot i$ zwischen zwei von den in der obersten Horizontalzeile der Tabelle enthaltenen Zahlen, so nimmt man diejenige, welcher derselbe am nächsten kommt, bei $l \cdot i = 217$ z. B. den Wert 220, bei $l \cdot i = 622$ den Wert 600 u. s. f. Der Fehler, welchen man auf diese Art begeht, kann im ungünstigsten Falle 5 % erreichen, eine grössere Genauigkeit ist aber für derartige Querschnittberechnungen kaum erforderlich.

Tabelle 42 (I. Hälfte)

zur Ermittelung des Kupferquerschnittes in *qmm* aus dem Produkte: Länge mal Stromstärke ($l \times i$) und dem Spannungsverlust (v).

Spannungsverlust (v)	Werte des Produktes: Länge mal Stromstärke ($l \times i$), Meter × Ampère																	
Volt	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
0,1	17,5	19,2	21,0	22,8	24,5	26,2	28,0	29,8	31,5	33,2	35,0	36,8	38,5	40,3	42,0	43,8	45,5	47,2
0,2	8,75	9,62	10,5	11,4	12,2	13,1	14,0	14,9	15,7	16,6	17,5	18,4	19,3	20,1	21,0	21,9	22,8	23,6
0,3	5,84	6,41	7,00	7,59	8,16	8,75	9,34	9,92	10,5	11,1	11,7	12,2	12,8	13,4	14,0	14,6	15,2	15,7
0,4	4,38	4,82	5,25	5,70	6,13	6,57	7,00	7,45	7,89	8,31	8,75	9,20	9,64	10,1	10,5	10,9	11,4	11,8
0,5	3,50	3,86	4,20	4,55	4,90	5,25	5,60	5,95	6,30	6,66	7,00	7,35	7,71	8,06	8,41	8,75	9,10	9,45
0,6	2,92	3,21	3,50	3,79	4,08	4,37	4,66	4,96	5,25	5,54	5,84	6,13	6,42	6,71	7,00	7,30	7,59	7,88
0,7	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75
0,8	2,19	2,42	2,63	2,85	3,06	3,28	3,50	3,72	3,94	4,16	4,37	4,59	4,82	5,04	5,25	5,46	5,69	5,91
0,9	1,95	2,14	2,33	2,53	2,72	2,92	3,11	3,30	3,50	3,69	3,89	4,08	4,27	4,47	4,66	4,86	5,05	5,25
1,0	1,75	1,92	2,10	2,28	2,45	2,62	2,80	2,98	3,15	3,32	3,50	3,68	3,85	4,03	4,20	4,38	4,55	4,72
1,1	1,59	1,75	1,91	2,07	2,23	2,49	2,52	2,70	2,86	3,02	3,18	3,34	3,50	3,66	3,82	3,98	4,14	4,30
1,2	1,46	1,60	1,75	1,90	2,04	2,19	2,33	2,48	2,62	2,77	2,92	3,06	3,21	3,35	3,50	3,65	3,79	3,94
1,3	1,35	1,48	1,62	1,75	1,88	2,02	2,15	2,29	2,42	2,56	2,69	2,83	2,96	3,09	3,23	3,36	3,50	3,63
1,4	1,25	1,38	1,50	1,68	1,75	1,88	2,00	2,13	2,25	2,38	2,50	2,63	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	3,38
1,5	1,17	1,28	1,40	1,52	1,63	1,75	1,87	1,98	2,10	2,22	2,33	2,45	2,57	2,68	2,80	2,92	3,03	3,15
1,6	1,09	1,20	1,31	1,42	1,53	1,64	1,75	1,86	1,97	2,08	2,19	2,30	2,41	2,52	2,62	2,73	2,84	2,95
1,7	1,03	1,13	1,24	1,34	1,44	1,55	1,65	1,75	1,85	1,96	2,06	2,16	2,26	2,36	2,47	2,57	2,67	2,78
1,8	0,97	1,07	1,17	1,26	1,36	1,46	1,56	1,65	1,75	1,85	1,95	2,04	2,14	2,24	2,34	2,43	2,53	2,63
1,9	0,92	1,01	1,11	1,20	1,29	1,38	1,47	1,57	1,66	1,75	1,84	1,94	2,03	2,12	2,21	2,30	2,40	2,49
2,0	0,88	0,96	1,10	1,14	1,22	1,31	1,40	1,49	1,57	1,66	1,75	1,84	1,93	2,01	2,10	2,19	2,28	2,36
2,5	0,70	0,77	0,84	0,91	0,98	1,05	1,12	1,19	1,26	1,33	1,40	1,47	1,54	1,61	1,68	1,75	1,82	1,89
3,0	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88	0,93	1,00	1,05	1,11	1,17	1,22	1,28	1,34	1,40	1,46	1,52	1,57
3,5	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35
4,0	0,44	0,49	0,53	0,57	0,61	0,66	0,70	0,75	0,79	0,83	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05	1,09	1,14	1,18
4,5	0,389	0,428	0,457	0,51	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,89	0,93	0,97	1,01	1,05
5,0	0,350	0,386	0,420	0,455	0,49	0,53	0,56	0,60	0,63	0,67	0,70	0,74	0,77	0,81	0,84	0,88	0,91	0,95

Tabelle 42 (II. Hälfte)

zur Ermittelung des Kupferquerschnittes in *qmm* aus dem Produkte: Länge mal Stromstärke ($l \times i$) und dem Spannungsverlust (v)

Spannungs-verlust (v) Volt	Werte des Produktes: Länge mal Stromstärke ($l \times i$), Meter × Ampère 280	290	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
0,1	49,0	50,7	52,3	61,2	70	78,6	87,5	96,1	105,0	113,7	122,4	131,1	140,0	148,7	157,3	166,1	175,0
0,2	24,5	25,4	26,2	30,6	35,0	39,4	43,8	48,1	52,5	56,9	61,2	65,6	70,0	74,4	78,8	83,1	87,5
0,3	16,3	16,9	17,5	20,4	23,4	26,2	29,2	32,1	35,0	37,9	40,8	43,8	46,7	49,6	52,5	55,5	58,4
0,4	12,2	12,7	13,1	15,3	17,5	19,7	21,9	24,0	26,2	28,4	30,6	32,8	35,0	37,2	39,4	41,6	43,8
0,5	9,80	10,2	10,5	12,3	14,0	15,8	17,5	19,3	21,0	22,8	24,5	26,3	28,0	29,8	31,5	33,3	35,0
0,6	8,17	8,45	8,75	10,2	11,7	13,1	14,6	16,1	17,5	19,0	20,4	21,9	23,4	24,8	26,3	27,8	29,2
0,7	7,00	7,25	7,50	8,75	10,0	11,3	12,5	13,8	15,0	16,3	17,5	18,8	20,0	21,3	22,5	23,8	25,0
0,8	6,13	6,34	6,56	7,65	8,75	9,84	10,9	12,0	13,1	14,2	15,3	16,4	17,5	18,6	19,7	20,8	21,9
0,9	5,45	5,65	5,84	6,80	7,78	8,75	9,72	10,7	11,7	12,6	13,6	14,6	15,6	16,5	17,5	18,5	19,5
1,0	4,90	5,07	5,23	6,12	7,00	7,86	8,75	9,61	10,5	11,4	12,2	13,1	14,0	14,9	15,7	16,6	17,5
1,1	4,45	4,61	4,77	5,56	6,36	7,15	7,95	8,75	9,55	10,3	11,1	11,9	12,7	13,5	14,3	15,1	15,9
1,2	4,08	4,23	4,38	5,10	5,84	6,56	7,30	8,01	8,75	9,48	10,2	10,9	11,7	12,4	13,1	13,9	14,6
[illegible]	[illegible]	3,90	4,04	4,71	5,39	6,05	6,74	7,40	8,08	8,75	9,42	10,1	10,8	11,4	12,1	12,8	13,5
[illegible]	[illegible]	[illegible]	3,75	4,38	5,00	5,63	6,25	6,88	7,50	8,13	8,75	9,48	10,0	10,6	11,3	11,9	12,5
[illegible]	[illegible]	[illegible]	3,50	4,08	4,67	5,25	5,83	6,41	7,00	7,59	8,16	8,75	9,33	9,91	10,5	11,1	11,7
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4,92	5,46	6,00	6,56	7,11	7,65	8,20	8,75	9,30	9,84	10,4	10,9
[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4,63	5,15	5,66	6,17	6,68	7,20	7,72	8,24	8,75	9,27	9,79	10,3
[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5,35	5,84	6,32	6,81	7,30	7,78	8,26	8,70	9,24	9,73
[illegible]				[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5,52	5,99	6,45	6,92	7,37	7,83	8,30	8,75	9,21
[illegible]					[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5,69	6,12	6,56	7,00	7,44	7,88	8,31	8,75
[illegible]				[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5,95	6,30	6,65	7,00
[illegible]					[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5,25	[illegible]	[illegible]
[illegible]							[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]							[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]								[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]									[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Tabelle 42 enthält für das Produkt Länge mal Stromstärke keine Werte über 1000 und keine unter 100. Trotzdem ist sie auch in den Fällen brauchbar, in welchen der Wert des Produktes ausserhalb dieser Grenzen liegt. Bei Beträgen zwischen 1000 und 10000 benutzt man zur Ermittelung des Querschnittes den zehnten Teil des Wertes, bei Beträgen zwischen 10000 und 100000 den 100. Teil und multipliziert die der Tabelle entnommenen Querschnitte mit 10, bezw. mit 100. Ist $l.i$ kleiner als 100, so multipliziert man den Wert des Produktes mit 10, sucht in der Tabelle den Querschnitt und teilt diesen durch 10. Falls der Wert von $l.i$ unter 10 liegen sollte, so hat man ihn mit 100 zu multiplizieren und den gefundenen Querschnitt durch 100 zu dividieren.

Was die Spannungsverluste betrifft, so verfährt man, wenn es sich beim Gebrauche der Tabelle um Werte handelt, die nicht direkt darin enthalten sind, in ähnlicher Weise, wie es im vorstehenden für die Produkte $l.i$ angegeben ist. Nur hat man, da in der Formel Seite 296 der Spannungsverlust v im Nenner steht, falls man zum Aufsuchen den Wert des Verlustes durch 10 geteilt hatte, den gefundenen Querschnitt ebenfalls durch 10 zu dividieren. Die folgenden Beispiele erläutern den Gebrauch der Tabelle für einige derartige Fälle:

Beispiel 2. Es sei $l = 135\,m$, $i = 56$ A, der Spannungsverlust $v = 4{,}5$ V. Es ist $l \cdot i = 7560$. Durch 10 dividiert gibt 756. Wir suchen also in Tabelle 42 unter 750 und finden 2,92. Dies gibt, mit 10 multipliziert, den gesuchten Querschnitt $q = 29{,}2$ *qmm*.

Beispiel 3. $l = 42\,m$, $i = 1{,}5$ A, $v = 0{,}3$ V. $l \cdot i = 63$. Mit 10 vervielfacht gibt 630. Folglich ist unter 650 aufzusuchen. Wir finden für $v = 0{,}3$ 37,9, sodass die Division durch 10 3,8 *qmm* als richtigen Querschnitt ergibt.

Beispiel 4. $l = 280\,m$, $i = 75$ A, $v = 12$ V. $l \cdot i = 21000$. Durch 100 dividiert gibt 210. Es ist zu suchen unter $l \cdot i = 210$ und $v = 1{,}2$. Die Tabelle liefert den Wert 3,06. Dieser ist, wegen des 100 mal zu kleinen Wertes von $l \cdot i$, mit 100 zu vervielfachen, wegen des 10 mal zu kleinen Wertes von v dagegen durch 10 zu teilen, sodass 30,6 *qmm* der richtige Querschnitt ist.

Im allgemeinen dürfte beim Gebrauche der Tabelle 42 die für derartige Querschnittberechnungen erforderliche Genauigkeit zu erreichen sein. Werden genauere Werte verlangt, so kann man noch zwischen den Zahlen der Tabelle interpolieren (insbesondere empfiehlt sich dies für Zwischenwerte des Spannungsverlustes, wie 5,3, 7,8, 10,5 u. s. w.), wenn man in diesem Falle nicht vorzieht, nach der Formel (S. 296) zu rechnen. In den meisten Fällen ist es jedoch zulässig, statt des genau berechneten Querschnittes den demselben am nächsten kommenden grösseren anzuwenden, umsomehr, als ja nicht Leitungsmaterial von jedem beliebigen Querschnitte zur Verfügung steht, sondern man mit den gängigen Sorten auskommen muss (vergl. **117**).

116. Verteilung des Spannungsverlustes. Bei der Berechnung des Leitungsnetzes einer Anlage handelt es sich gewöhnlich darum, die Querschnitte so einzurichten, dass von der Stromquelle bis zu irgend einer Lampe ein bestimmter, kleiner Betrag des Spannungsverlustes nicht überschritten werde, wenn sämtliche Lampen brennen. Die Verhältnisse wären am einfachsten, wenn zu jeder Lampe eine besondere, unverzweigte Leitung von der Stromquelle aus geführt würde. Da die Leitung jedoch in den meisten Fällen vielfach verzweigt ist, so hat man jedes unverzweigte Stück derselben, von einer Abzweigung bis zur folgenden, getrennt zu behandeln. Der Leitungsweg vom Stromerzeuger bis zu einer einzelnen Lampe setzt sich aus einer mehr oder weniger grossen Anzahl derartiger Stücke zusammen. Die Maximalstromstärke ist, wenn man die Leitung nach der Lampe zu durchgeht, für jedes folgende

Stück kleiner als beim vorhergehenden. Der zugelassene Spannungsverlust ist auf die einzelnen Stücke zu verteilen, so, dass er bis zu den entferntesten Lampen gerade erreicht wird.

Wieviel davon auf jedes Stück entfällt, ist für den Betrieb der Anlage gleichgiltig, dagegen keineswegs für die Leitungskosten. Man verfährt daher bei der Verteilung des Spannungsverlustes auf die einzelnen Leitungsstrecken nicht planlos, sondern wendet eines der im folgenden beschriebenen Verfahren an.

a) Die Verteilung des Verlustes auf die einzelnen unverzweigten Abschnitte (I, II, III, Fig. 231. Die Doppelleitungen sind als einfache Striche gezeichnet) geschieht willkürlich, nach dem auf Erfahrung und Übung gegründeten Ermessen des Projektierenden. Der Querschnitt jedes Stückes wird aus dem zugelassenen Spannungsverluste, der Länge und Stromstärke berechnet, sodass

$$q_1 = 0{,}0175 \frac{l_1 i_1}{v_1}; \quad q_2 = 0{,}0175 \frac{l_2 i_2}{v_2}, \text{ u. s. f.}$$

Fig. 231.

b) Der zulässige Spannungsverlust wird auf die einzelnen Abschnitte so verteilt, dass die aufzuwendende Kupfermenge ein Minimum wird. Die Bedingung hierfür ergibt sich folgendermassen: Das Volumen A einer z. B. aus drei unverzweigten Stücken bestehenden Leitung (Fig. 231) ist:

$$A = l_1 q_1 + l_2 q_2 + l_3 q_3 = s \frac{l_1^2 i_1}{v_1} + s \frac{l_2^2 i_2}{v_2} + s \frac{l_3^2 i_3}{v_3};$$

soll die Kupfermenge ein Minimum werden, so müssen die Differentialquotienten von A nach den drei Veränderlichen v_1 v_2 v_3 null sein, also

$$\frac{\delta A}{\delta v_1} = -s \frac{l_1^2 i_1}{v_1^2} = 0; \quad \frac{\delta A}{\delta v_2} = -s \frac{l_2^2 i_2}{v_2^2} = 0;$$

$$\frac{\delta A}{\delta v_3} = -s \frac{l_3^2 i_3}{v_3^2} = 0.$$

Setzt man für die Grössen v ihre Werte ein ($v_1 = s \frac{l_1 i_1}{q_1}$ u. s. w.), so heben sich die Quadrate der Längen l und beim Gleichsetzen der drei gleich null gesetzten Grössen auch der spezifische Widerstand s fort und man erhält die Bedingungsgleichung

$$\frac{q_1^2}{i_1} = \frac{q_2^2}{i_2} = \frac{q_3^2}{i_3}$$

d. h. die Kupfermenge der verzweigten Leitung wird ein Minimum, wenn sich die Quadrate der Querschnitte der einander folgenden unverzweigten Stücke verhalten wie die in ihnen fliessenden Stromstärken.

Durch Kombination der vorstehenden Gleichung mit den Ausdrücken für die Spannungsverluste in den einzelnen Abschnitten ergeben sich die Querschnitte der letzteren.

c) Im Interesse einer möglichst einfachen und bequemen Montage führt man häufig Leitungen der in Fig. 231 dargestellten Art mit einem und demselben Querschnitte durch. In diesem Falle wird

$$q_1 = q_2 = q_3 = q;$$

da ferner

$$v = v_1 + v_2 + v_3 = s\frac{l_1 i_1}{q} + s\frac{l_2 i_2}{q} + s\frac{l_3 i_3}{q}$$

so ergibt sich

$$q = \frac{s}{v}(l_1 i_1 + l_2 i_2 + l_3 i_3).$$

Dieses Verfahren bietet noch die Annehmlichkeit, dass man nur in dem Stücke I der Leitung die Strombelastung des Querschnittes zu kontrollieren braucht.

Nur in seltenen Fällen hat es praktischen Zweck, Leitungsquerschnitte nach dem Minimum des Leitungsmetalles zu berechnen. Einmal bilden ja die Kosten des Leitungsnetzes bei Einzelanlagen meist nur einen kleinen Bruchteil der Gesamtkosten, sodass kleine Unterschiede im Betrage derselben wenig in's Gewicht fallen. Ausserdem pflegen aber bei Projektierung der Leitungen noch andere Faktoren mitzusprechen, als bloss die Forderung möglichst geringer Kosten. So z. B. das im nächsten Abschnitte erläuterte Prinzip der Zentralisierung der Sicherungen, der Wunsch, einzelne Lampengruppen von bestimmten Stellen aus entzünden und auslöschen zu können, die Rücksicht auf die Anwendung einiger weniger Normalquerschnitte, auf die Vermeidung zu vieler Verbindungsstellen, auf die Möglichkeit, die Zahl der Lampen später zu vermehren u. s. w.

So kommt es, dass man gewöhnlich entweder nach c) einen konstanten Querschnitt möglichst weit durchführt, oder den Spannungsverlust nach a) auf die einzelnen unverzweigten Stücke nach dem durch Übung entwickelten Gefühle verteilt.

117. Vereinfachung der Leitungsberechnung. Besondere Fälle. Eine genaue Berechnung aller Einzelquerschnitte würde in vielen Fällen zu weit führen. Häufig ist ja das Leitungsnetz sehr stark verzweigt dadurch, dass ein beträchtlicher Teil der Lampen nicht in grössere Gruppen zusammengefasst ist, sondern einzeln, höchstens zu je zwei oder drei, von stärkeren Leitungen abzweigt. In solchen Fällen vereinfacht man sich die Berechnung in der Weise, dass immer eine Anzahl benachbarter Lampen wie eine Gruppe behandelt und eine mittlere Stelle an der betreffenden Hauptleitung angenommen wird, von der man dieselben sich abzweigend denkt. Dies kann um so eher geschehen, wenn man auf der bezüglichen Strecke der Hauptleitung, an welcher die Lampen wirklich angesetzt sind, keinen sehr erheblichen Spannungsverlust zulässt. Auf diese Art lässt sich die Zahl der Leitungsstücke, welche einzeln berechnet werden müssen, beträchtlich vermindern. Dieses Verfahren kann man unter Umständen auch anwenden, wenn die Leitungen zu mehreren grösseren Lampengruppen in kurzen Abständen voneinander von der Hauptleitung abgehen. Man kann die letztere dann

vom ersten Abzweigspunkt ab in derselben Stärke weiter führen, welche sie vor dieser Stelle besass, bis zu dem letzten, welcher der betreffenden Gruppe angehört. Dies empfiehlt sich auch schon um deswillen, weil dann die Verlegung der Leitungen einfacher wird, als wenn für jede kleine Zwischenstrecke wieder ein Draht oder Kabel von besonderem Querschnitt verwendet werden müsste. Die Ersparnis an Kupfer im letzteren Falle würde durch den vermehrten Aufwand an Arbeitszeit, Lötmaterial u. s. w. gewöhnlich mehr als aufgewogen werden.

Aus noch einem anderen Grunde hat die Forderung eines hohen Grades von Genauigkeit bei Berechnung eines Verteilungsnetzes und die gesonderte Ermittelung des Querschnittes für jede kleine Einzelstrecke wenig Zweck, weil nämlich nicht Kupferleitungen von jedem beliebigen Querschnitte im Handel zu haben sind. Man ist genötigt, unter einer gewissen Anzahl von Normalquerschnitten (vergl. **124**) diejenigen auszuwählen, welche den durch Rechnung gefundenen Beträgen am nächsten kommen. Man sucht dabei die Abweichungen von den berechneten Werten so zu verteilen, dass der Spannungsverlust bis zur einzelnen Lampe im ganzen dadurch möglichst nicht geändert wird, vorausgesetzt, dass beim Abweichen nach unten die zulässige grösste Strombeanspruchung keine Grenze zieht. Die so erhaltenen Querschnitte, in welchen die Leitungen wirklich ausgeführt werden sollen, trägt man in den definitiven, bei der Ausführung zu benutzenden Plan des Leitungsnetzes ein. Es empfiehlt sich, zum Schlusse mit Hilfe der tatsächlich festgesetzten Querschnittszahlen die Spannungsverluste zu kontrollieren, was ebenfalls mit Hilfe von Tabelle 42 geschehen kann.

Es sei noch daran erinnert, dass es nicht gut möglich und auch nicht erforderlich ist, dass bis zu jeder einzelnen Lampe der gleiche, maximal zulässige Spannungsverlust stattfinde. Bei Lampen, deren Entfernung von der Stromquelle nicht erheblich ist, kann der Verlust unter dem Höchstbetrage bleiben. Bei solchen sind infolgedessen auch die Spannungsschwankungen bei wechselndem Gesamtstromverbrauche geringer.

118. Art der Leitungsführung in verschiedenen Fällen. Wenn bei kleineren Anlagen der Ort der Stromerzeugung sehr nahe bei den Verbrauchsstellen liegt, z. B., falls es sich um die Beleuchtung eines Gebäudes handelt, in diesem selbst, so ist es meist vorteilhafter, gleich von der Stromquelle ab die Leitung in mehreren getrennten Stromkreisen zu führen, welche nach verschiedenen Stellen des Leitungsnetzes laufen (Fig. 232). Es würde hier wenig Zweck haben, den unverzweigten Strom zunächst, mittels eines einzigen Hauptstranges, etwa bis in die Mitte des Lampengebietes zu leiten,

da die Länge dieses Hauptstranges eventuell klein wäre gegen die Entfernungen, welche zwischen den am weitesten auseinander gelegenen Lampen vorkommen, und andrerseits vielleicht beträchtlich grösser als der Abstand der der Stromquelle am nächsten befindlichen Lampengruppen von der letzteren. Man wird durch die getrennte Führung mehrerer Stromkreise vom Stromerzeuger ab auch in den Stand gesetzt, den Strom für einzelne Teile der Anlage ganz abzustellen, so zwar, dass sämtliche Teile des betreffenden Kreises von der Stromquelle getrennt sind. Bei Vorhandensein von Isolationsfehlern und zur Verhütung von Feuersgefahr kann dies sehr erwünscht sein. Insbesondere pflegt man die Stromkreise, welche Bogenlampen enthalten, meistens ganz getrennt zu führen, einmal, weil mit Bogen-

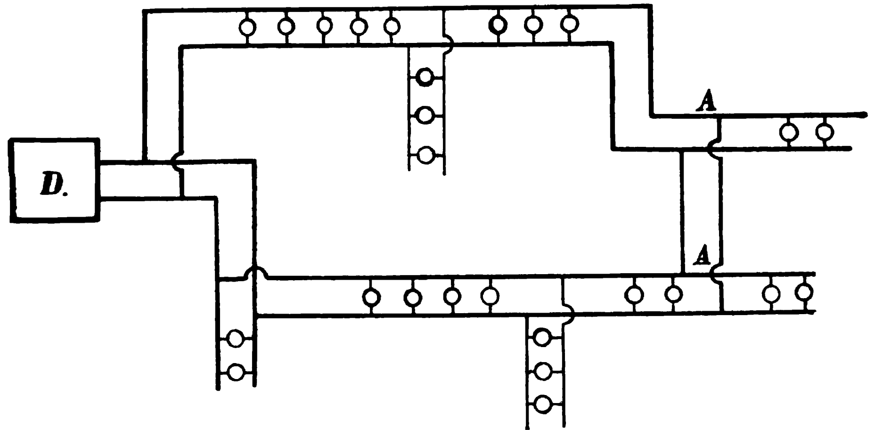


Fig. 232.

licht gewöhnlich nur bestimmte, von den übrigen getrennte Teile der Anlage beleuchtet werden, in welchen das Licht häufig nicht zu den gleichen Zeiten brennen soll wie in den mit Glühlampen versehenen Räumlichkeiten, ferner aber damit die durch das Arbeiten des Reguliermechanismus und andere bei Bogenlampen vorkommende Umstände bedingten Schwankungen der Stromstärke die Gleichmässigkeit des Lichtes benachbarter Glühlampen nicht merklich beeinträchtigen können.

Da, wo in einem Leitungsnetze der vorgenannten Art Leitungsstränge einander nahe kommen, welche zwei verschiedenen, von der Stromquelle ab getrennt geführten Stromkreisen angehören, empfiehlt es sich manchmal, die positive und die negative Leitung der beiden je durch eine Ausgleichsleitung zu verbinden (*A A* in Fig. 232). Durch derartige Ausgleichsleitungen wird zweierlei bewirkt: einmal ein Ausgleich kleiner Spannungsunterschiede, welche zwischen ver-

schiedenen Teilen eines grösseren Leitungsnetzes leicht vorkommen, dann aber auch eine grössere Sicherheit des Betriebes. Sollte nämlich eine zu einem bestimmten Gebiete der Anlage führende Hauptleitung versagen, so verlöschen die von derselben gespeisten Lampen nicht alle, sondern erhalten teilweise durch die Ausgleichsleitung aus einem benachbarten Kreise Strom.

In solchen Fällen muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass die Ausgleichsleitung nur solche Punkte verbindet, bis zu welchen beim Brennen aller Lampen der gleiche Spannungsverlust stattfindet. Im Falle dann einmal in einem der beiden grösseren Leitungsteile, welche durch die Ausgleichsleitung verbunden sind, viele, im anderen

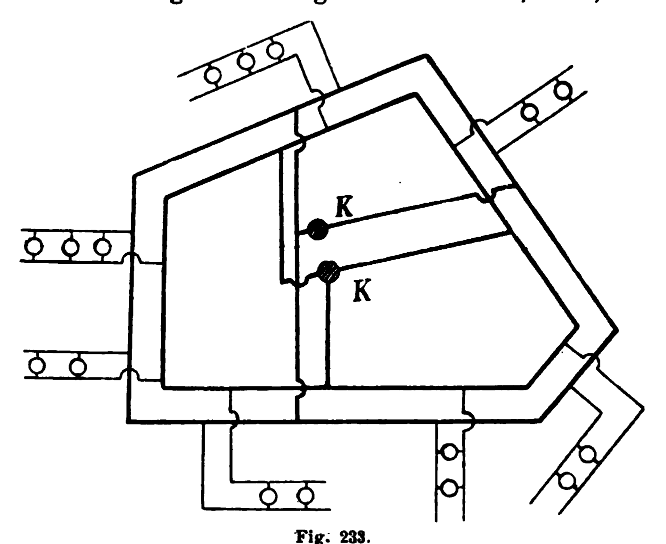


Fig. 233.

nur wenige Lampen eingeschaltet sind, fliesst aus dem letzteren Leitungsgebiete, wegen des geringeren Spannungsverlustes, Strom durch die Ausgleichsleitung nach dem stärker belasteten Teile. Man hat deswegen den Querschnitt der Ausgleichsleitung so zu bemessen, dass sie auch durch den Maximalstrom, welcher bei ungleichster Belastung in den angrenzenden Leitungsgebieten sie durchfliessen kann, nicht über die zulässige Grenze beansprucht wird.[1])

Ist die Zahl der von einem Stromerzeuger, welcher, wie oben angenommen, inmitten des Beleuchtungsgebietes liegt, zu speisenden Lampen gross (viele Hundert) und sind dieselben einigermassen gleichmässig über einen grösseren Komplex verteilt, z. B. in einem

[1]) Ausführliches über die Berechnung von Ausgleichsleitungen siehe Teichmüller, ETZ 1901, S. 229.

ausgedehnten, vielstöckigen, eine grosse Zahl von Räumen enthaltenden Gebäude oder Gebäudekomplexe (Hôtel, Krankenhaus, Fabrik, Verwaltungsgebäude, Schule), so zieht man, statt einzelner Ausgleichsleitungen, am besten einen starken Leitungsstrang, der in Form eines in sich geschlossenen Ringes in dem ganzen Beleuchtungsgebiet herumgeführt wird (Fritsche). Der Strom wird von der Stromquelle aus nur der Ringleitung, jedoch in mehreren über dieselbe verteilten Strängen, zugeführt. Fig. 233 veranschaulicht diese Anordnung des Leitungsnetzes. Der Ring lässt sich als durch Verschmelzung mehrerer Ausgleichsleitungen entstanden denken. Es gilt daher das oben bezüglich der letzteren Gesagte: Die Querschnitte der Ringleitung müssen so bemessen sein, dass, auch bei den grössten möglichen Unterschieden im Stromverbrauche in den von dem Ringe nach den verschiedenen Seiten ausgehenden Haupt-Verteilungsleitungen, die Ringleitung niemals mehr als zulässig beansprucht wird und dass der Spannungsverlust in der Ringleitung, gerechnet von einem Speisepunkte bis zu der entferntesten von diesem versorgten Abzweigleitung kleiner ist, als die zulässige Spannungsschwankung an den Glühlampen. Bezüglich der Berechnung des Ringes und der Speiseleitungen muss auf »Centralblatt für Elektrotechnik,« Bd. IX (1887), S. 599 und 617,[1]) verwiesen werden. Nur soviel sei mitgeteilt, dass Fritsche die Widerstände der einzelnen Speiseleitungen unter sich einerseits und diejenigen der zwischen den Anschlusspunkten der Speiseleitungen liegenden Ringstücke unter sich andrerseits einander gleich macht. Wenn dann die (durch eine besondere Schaltungseinrichtung des Spannungsanzeigers[2]) zu ermittelnde) mittlere Spannung in der Ringleitung durch entsprechende Regulierung der Maschinenspannung konstant gehalten wird, so schwankt, auch bei denkbar ungleichstem Stromverbrauch in den einzelnen Haupt-Verteilungsleitungen, die Spannung an den Lampen nur innerhalb der zulässigen Grenzen.

119. Einfluss grösserer Spannungsverluste. In den bisher betrachteten Fällen von Parallelschaltungs-Anlagen ist angenommen, dass der Ort der Stromerzeugung dem zu beleuchtenden Gebiete sehr nahe liege. Es ist dann stets möglich, ohne übermässige Leitungskosten die Querschnitte bezw. den Widerstand der Leitungen so zu wählen, dass von der Stromquelle bis zu jeder einzelnen Lampe beim Brennen sämtlicher Lampen nur ein unerheblicher Spannungsverlust — 2 bis höchstens 3% — statthat. Wird die Klemmenspannung der Stromquelle stets auf demselben Werte gehalten, so

[1]) Vergl. auch Grawinkel und Strecker, l. c., 6. Aufl., S. 377.
[2]) Vergl. Teichmüller, ETZ 1899, S. 246.

beträgt der Unterschied zwischen den an einer Lampe vorkommenden Spannungen in den beiden extremen Fällen, dass entweder sämtliche Lampen, oder aber nur diese eine brennt, auch nur 2 bis höchstens 3 %, was mit Rücksicht darauf, dass besonders der letztgenannte Fall nur selten eintritt, zulässig ist. Man wählt Lampen von solcher Spannung, dass dieselben bei der Spannung, welche am häufigsten im Leitungsnetze herrscht, normal brennen. Sie erhalten dann bei vollem Betriebe eine etwas zu niedere, wenn nur wenig Lampen brennen dagegen etwas zu hohe Spannung. Ausserdem besteht noch ein kleiner Unterschied zwischen den Lampen, welche nahe an der Stromquelle, und denen, welche entfernter liegen. Bei den ersteren erreicht der Spannungsverlust überhaupt nicht die volle Höhe von 2—3 %. Der Betrieb gestaltet sich sehr einfach, da am Orte der Stromerzeugung die Spannung, ohne Rücksicht auf den jeweiligen Stromverbrauch, nur konstant gehalten zu werden braucht.

Wenn dagegen der Strom nicht in nächster Nähe des Verbrauchsgebietes erzeugt werden kann, so ist eine Hauptleitung für den ganzen, unverzweigten Strom nicht zu umgehen. Dass die Kupferkosten für dieselbe mit zunehmender Länge — gleichen Spannungsverlust bezw. Widerstand vorausgesetzt — sehr rasch zunehmen, nämlich wie das Quadrat dieser Länge, ist bereits in **108** erörtert worden. Gleichwohl tut man, so lange die Entfernung nicht allzu gross ist, besser, auch in diesem Falle den Widerstand der Leitung so klein zu machen, dass der gesamte Spannungsverlust, von der Stromquelle bis zu den Lampen, nicht höher als 2—3 % wird. Den grösseren Teil des Verlustes legt man dann in die Hauptleitung. Da der Querschnitt der letzteren im selben Verhältnis steigt, in welchem man den Spannungsverlust verkleinert, so spricht die Kostenfrage dabei in erster Linie mit. Doch ist zu bedenken, dass einerseits die Kosten der Leitung nur einen mässigen Teil der Anlagekosten ausmachen und dass andrerseits, sobald man einen grösseren Spannungsverlust zulässt, der Betrieb verwickelter und auch teurer wird, ganz abgesehen davon, dass im letzteren Falle ein grösserer Teil der erzeugten elektrischen Arbeit nutzlos verloren geht. Ferner kommt in Betracht, dass der Unterschied der Betriebsverhältnisse zwischen den beiden Fällen — kleiner (bis höchstens 3 %) oder aber grösserer Spannungsverlust — nur dann so schwer ins Gewicht fällt, wenn der Stromverbrauch stark wechselt, wenn also zu gewissen Zeiten alle, zu anderen nur die Hälfte, bald nur ein kleiner Teil aller Lampen brennt. Bliebe dagegen der Stromverbrauch wesentlich konstant, so könnte ohne weiteres ein beträchtlicher Spannungsverlust in der Leitung zugelassen werden. Dadurch würde in letzter Linie nur ein Mehraufwand von Kohlen bezw. Gas verursacht, während die Spannung am Stromerzeuger

auch hier einfach konstant zu halten und besondere komplizierte Reguliervorrichtungen nicht erforderlich wären.

Beispiel. Es seien 100 16kerzige Glühlampen zu je 100 V und 0,55 A zu speisen. Diese liegen vom Orte der Stromerzeugung so weit entfernt, dass eine Hauptleitung erforderlich wird, deren einfache Länge 130 *m* ist, sodass die ganze Leitungslänge 260 *m* beträgt. Maximal-Stromstärke 55 A.

a) Der gesamte Spannungsverlust sei 2%, also rund 2 Volt, sodass die den Strom liefernde Dynamomaschine 102 V geben muss. In der Hauptleitung sollen 1,5 Volt verzehrt werden. Dann muss der Widerstand der letzteren 1,5 : 55 = = 0,0273 Ohm sein. Daraus ergibt sich der erforderliche Querschnitt zu

$$0{,}0175 \frac{260}{0{,}0273} = 167 \; qmm,$$

und das Kupfergewicht der Hauptleitung ist, wenn das spezif. Gewicht des Kupfers zu 8,9 angenommen wird, 386 *kg*.

b) Wird ein Spannungsverlust von ca. 9% zugelassen, so muss die Maschine, da die Lampen mit 100 V brennen sollen, 110 V liefern, von welchen 10 V verloren gehen. Entfallen von letzteren 9,5 V oder 8,6% auf die Hauptleitung, so muss der Widerstand der letzteren 9,5 : 55 = 0,173 Ohm betragen, und es wird ein Querschnitt von

$$0{,}0175 \frac{260}{0{,}173} = 26{,}3 \; qmm$$

und ein Kupfergewicht von nur 60,8 *kg* erforderlich.

Im selben Verhältnis wie hier der Spannungsverlust in der Hauptleitung grösser genommen worden ist, hat sich also das Kupfergewicht derselben verringert. Obwohl bei Zulassung des grösseren Spannungsverlustes die Hauptleitung etwa 6 mal billiger ist als im ersten Falle, so lässt sich doch nachweisen, dass dadurch die Kosten der ganzen Anlage nur um etwa 5—6% herabgedrückt werden, und dies auch nur in dem Falle, dass die Dynamomaschine ausser den genannten 100 keine weiteren Lampen speist.

Es lässt sich bei jeder Beleuchtungsanlage ein bestimmter «wirtschaftlicher Spannungsverlust» berechnen, bei dessen Zulassung die gesamten, aus Anlage- und direkten Betriebskosten sich zusammensetzenden Kosten ein Minimum werden.

Da jedoch bei Festsetzung des Verlustes, des Weges und der Dimensionierung der Leitungen noch andere Umstände mitsprechen, sodass dieselben nur selten unter ausschliesslicher Berücksichtigung möglichst geringer Anlage- und Betriebskosten ausgeführt werden können, so soll von einer Mitteilung der bezüglichen mathematischen Ableitungen hier abgesehen werden.[1]) Welches die erwähnten Faktoren sind, die die Anwendung des berechneten ökonomischen Spannungsverlustes, bezw. der günstigsten Verteilung desselben auf die verschiedenen Leitungsteile häufig nicht zulassen, geht aus den folgenden Abschnitten hervor.

---

[1]) Dieselben finden sich u. a. in: Hochenegg, »Anordnung und Bemessung elektrischer Leitungen«, Berlin und München 1893, Abschnitt III. — Herzog und Feldmann, »Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze«, Berlin und München 1893, S. 248 und 263. — Grawinkel und Strecker, »Hülfsbuch für die Elektrotechnik«, VI. Aufl., S. 399 ff.

Fernspannungsregulierung.

120. Wenn in einer Anlage mit wechselndem Stromverbrauch ein Spannungsverlust zugelassen wird, welcher 2—3 % wesentlich übersteigt, so wird bei jeder erheblichen Änderung in der Zahl der brennenden Lampen eine Regulierung der Maschinenspannung erforderlich, so zwar, dass die an den jeweilig brennenden Lampen vorhandene Spannung konstant innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt, also um nicht mehr als höchstens 2—3 % schwankt. Es ist natürlich ausgeschlossen, den Spannungsbetrag an jeder beliebigen Lampe oder auch nur Lampengruppe am Orte der Stromerzeugung zu kontrollieren. Da es sich hier stets um eine grössere Entfernung

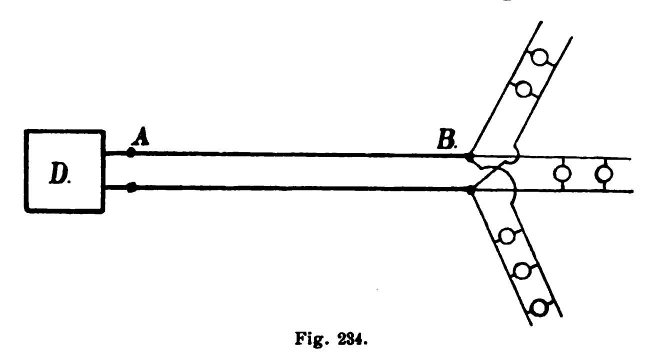


Fig. 234.

zwischen Stromquelle und Verbrauchsgebiet handelt, also eine Hauptleitung AB (Fig. 234) für den unverzweigten Strom erforderlich ist, so disponiert man die Leitungsanlage so, dass der grösste Teil des Spannungsverlustes in dieser Hauptleitung stattfindet, während von dem Hauptverzweigungspunkte B bis zu den Lampen nur noch 1—2 % verloren gehen. Wird nun die Spannung an diesem Ende B der Hauptleitung konstant gehalten, so kann, falls der Stromverbrauch vom vollen Betriebe bis zum Brennen einer einzigen Lampe abnimmt, die Spannung an dieser letzteren Lampe doch nur um höchstens 1—2 % (je nach dem in den Verteilungsleitungen zugelassenen Spannungsverluste) schwanken, was, wie schon erwähnt, zulässig ist.

Während also bei unerheblichem Spannungsverluste in den Leitungen die Spannung an den Polklemmen der Stromquelle konstant zu halten ist (vergl. **119**), muss sie im vorliegenden Falle an dem Endpunkte der Hauptleitung auf einem konstanten Betrage erhalten werden. Es muss also möglich sein, die an der genannten Stelle jeweils vorhandene Spannung am Orte der Stromerzeugung zu kontrollieren. Zu diesem Zwecke werden an die End-

punkte der beiden Teile der Hauptleitung bei *B* (Fig. 235) zwei dünne Drähte *B C* angesetzt und bis zum Maschinenraume zurückgeführt. Hier kann man mittels eines zwischen die Enden dieser beiden »Prüfdrähte« eingeschalteten Messinstrumentes *J* die Spannung *k'* am Ende *B* der Hauptleitung ablesen. Bezeichnet *k* die am Anfange *A* der letzteren vorhandene Spannung, so ist *k—k'* der Spannungsverlust in der Hauptleitung. Wenn die Hauptleitung *A B* aus starken Kabeln hergestellt ist, so sind die Prüfdrähte gewöhnlich in diese schon von vornherein mit verseilt. Dieselben erhalten eine besondere Isolierung, welche sie vor Berührung mit dem Kupfer des Kabels schützt. Man spart auf diese Weise das Ziehen einer besonderen Leitung.

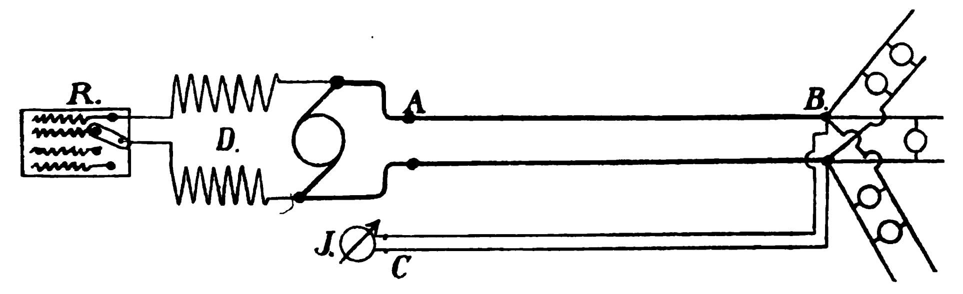


Fig. 235.

Die »Fernspannungsregulierung« kann nun auf eine ganze Anzahl verschiedener Arten geschehen. Das einfachste Verfahren ist, dass eine Person den oben genannten Spannungszeiger, welcher die Spannung am Hauptverteilungspunkte angibt, beobachtet und bei jeder Änderung der letzteren, wie sie bei Schwankungen im Stromverbrauche eintritt, durch Vergrössern oder Vermindern des in die Nebenschlusswickelung der Dynamomaschine eingeschalteten künstlichen Widerstandes *R* (Fig. 235) die Maschinenspannung so verändert, dass das Instrument wieder auf den normalen Betrag einspielt. Hierbei ist reiner Maschinenbetrieb vorausgesetzt. Handelt es sich dagegen um Akkumulatorenbetrieb, in der Art wie er in **71** beschrieben wurde, so tritt an die Stelle des Nebenschlussregulators der für die Verbrauchsleitung bestimmte Zellenschalter, und die Regulierung der Fernspannung auf konstanten Betrag geschieht durch Ein- oder Ausschalten von Elementen.

Es kommt bei ausgedehnteren Beleuchtungsanlagen vor, dass von einer und derselben Stromquelle mehrere entfernt liegende und untereinander ebenfalls entfernte Objekte zu beleuchten sind. Dann führt nach jedem dieser Beleuchtungsgebiete eine besondere Hauptleitung, wie wir bisher nur eine einzige angenommen haben.

Da nun nicht in jeder dieser Hauptleitungen die Stromstärke zur selben Zeit und im gleichen Verhältnis sich ändern wird und da dieselben im allgemeinen auch nicht für den gleichen maximalen Spannungsverlust gebaut sein werden, so kann man sie auch nicht zusammen regulieren. Es darf in diesem Falle (bei reinem Maschinenbetriebe) also nicht durch Verstellen des Nebenschlussregulators die Klemmenspannung der Dynamomaschine verändert werden. Denn es könnte dann geschehen, dass hierdurch, während die Spannung an einem Verteilungspunkte ihren normalen Betrag wieder erhielte, sie an einem anderen erhöht würde, zu einer Zeit, wo sie hätte konstant gehalten oder gar verringert werden müssen. Ebensowenig kann, bei Akkumulatorenbetrieb, die Regulierung sämtlicher Haupt-

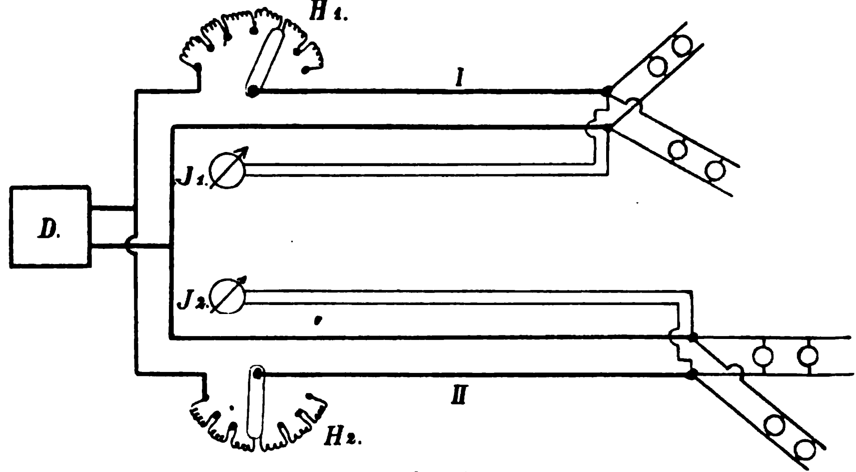


Fig. 236.

leitungen mittels eines und desselben Zellenschalters geschehen. Es muss vielmehr bei beiden Betriebsarten jede Hauptleitung ihre besondere Reguliervorrichtung und ihren besonderen Fernspannungszeiger erhalten.

Bei ausschliesslichem Maschinenbetriebe schaltet man in diesem Falle in jede Hauptleitung einen veränderlichen Ballastwiderstand (Hauptstromregulator) ein. Geht wenig Strom durch die betreffende Leitung, so ist derselbe ganz eingeschaltet und verzehrt den Überschuss der Maschinenspannung, welche bei dieser Regulierungseinrichtung wesentlich konstant gehalten werden muss. In dem Masse, wie der Stromkonsum wächst, wird der Ballast vermindert, bis er, sobald sämtliche Lampen brennen, ganz ausgeschaltet ist. Fig. 236 zeigt eine derartige Anlage für Hauptstromregulierung mit zwei Hauptleitungen I und II. J_1 und J_2 sind die beiden Spannungs-

zeiger, H_1 und H_2 die beiden Ballastwiderstände. Die Drähte oder Bleche der letzteren müssen so dimensioniert sein, dass sie den die betreffende Hauptleitung durchfliessenden Strom aushalten können. Da jedoch jeder einzelne Teilwiderstand des Regulators nur so lange eingeschaltet bleibt, bis die Stromstärke eine bestimmte Höhe erreicht hat, so brauchte nur das letzte Feld ungefähr für den Maximalstrom eingerichtet zu sein, jedes folgende dagegen für einen kleineren Betrag. Also könnte der Querschnitt der Widerstandsdrähte oder -Bleche von Feld zu Feld abnehmen, wodurch sich eine beträchtliche Materialersparnis erzielen liesse. Dies setzt jedoch eine unbedingte Zuverlässigkeit der die jeweilige Regulierung besorgenden Person voraus, damit nicht, wenn plötzlich eine grössere Lampenzahl eingeschaltet wird, ein Teil des Widerstandes mehr Strom erhält, als er vertragen kann. Darum ist die allerdings teurere Art der Ausführung solcher Rheostaten, bei welcher alle Felder gleichen, dem Maximalstrom angepassten Querschnitt besitzen, im Interesse der Betriebssicherheit vorzuziehen.[1])

Im Falle bei einer derartigen, mehrere Hauptleitungen enthaltenden Anlage Akkumulatoren in der unter **70** oder **71** beschriebenen Schaltungsweise angewendet werden, muss für jede Hauptleitung ein besonderer Zellenschalter vorhanden sein, bezw. an einem und demselben Zellenschalter ein besonderer, unabhängig von den übrigen verschiebbarer Schleifkontakt. So wird es ermöglicht, für jede Hauptleitung die Elementenzahl und damit die Spannung nach Belieben so zu verändern, dass die Spannung am Endpunkte der Leitung konstant bleibt.

Allein wenn schon beim Vorhandensein nur einer Hauptleitung die Regulierung der Fernspannung von Hand nur dann befriedigen kann, wenn die damit beauftragte Person dauernd mit der grössten Aufmerksamkeit und Zuverlässigkeit ihre Pflicht tut, so wird dies noch erschwert, wenn mehrere derartige Leitungen gleichzeitig zu bedienen sind. Da die Änderungen im Stromverbrauche meist ganz plötzlich eintreten, die Aufmerksamkeit aber in den vorhergehenden, oft langen Pausen leicht erlahmt, so muss die Fernspannungsregulierung durch Menschenhand als ein nicht vollkommen zuverlässiges und dabei kostspieliges Aushilfsmittel angesehen werden.

Allerdings ist es möglich, die Aufmerksamkeit des Bedienungsmannes bei plötzlichen Schwankungen des Stromverbrauches auch sofort zu erregen, ohne dass derselbe in dem betreffenden Augenblick gerade den Spannungszeiger beobachtet. Dies kann dadurch geschehen, dass man neben dem letzteren noch einen sogenannten Spannungswecker (vergl. Abschnitt V) anbringt, welcher bei

---

[1]) Über die geeignete Art der Berechnung und Konstruktion derartiger Ballastwiderstände vergl. Stadelmann, ETZ 1900, S. 285.

Änderungen der Fernspannung ein Klingelsignal gibt. Allein auch durch dieses Mittel lassen sich vorübergehende erhebliche Spannungsschwankungen nicht unter allen Umständen vermeiden.

121. Selbsttätige Fernspannungsregulierung. Aus dem eben genannten Grunde pflegt man heutzutage in den Fällen, in welchen ein erheblicher Spannungsverlust in einer oder mehreren Hauptleitungen nicht zu umgehen ist, oft eine Einrichtung zur selbsttätigen Regulierung der Spannung an den Enden der letzteren anzuwenden. Die meisten derartigen Reguliersysteme haben das Gemeinsame, dass zwischen die Enden der vom Hauptverzweigungspunkte nach dem Orte der Stromerzeugung, isoliert von der Hauptleitung, gezogenen Drähte (Prüfdrähte), statt eines Spannungszeigers, ein sogen. Relais eingeschaltet wird. Dieser Apparat kann z. B. aus einer Drahtspule bestehen, welche bei Stromdurchgang einen hohlen Eisenkern in sich hineinzieht (*d*, Fig. 237). Als Gegenkraft dient

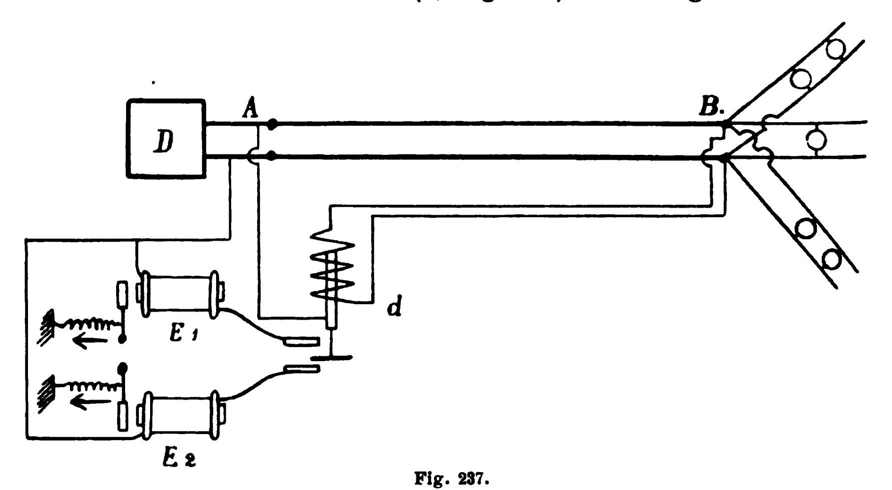


Fig. 237.

eine gespannte Feder oder die Schwere. Die Drahtwickelung besitzt grossen Widerstand und wird von einem schwachen Strome durchflossen, dessen Stärke offenbar der Spannung am Hauptverteilungspunkte proportional ist. Gewöhnlich benutzt man ausser dem Relais auch noch einen Spannungszeiger zur Kontrolle der Fernspannung. Dieser wird zum ersteren parallel geschaltet. Je nach der Stellung des Eisenkernes in der Spule schliesst ein Fortsatz desselben einen oder den anderen von zwei besonderen Stromkreisen 1 und 2, oder auch keinen von beiden. Diese beiden Stromkreise erhalten ihren Strom, unabhängig von der Fernspannung, durch die Hauptstromquelle, wie dies in Fig. 237 im Schema angedeutet ist. So lange die Fernspannung ihren normalen Wert hat, befindet sich der Eisen-

kern in der Mittelstellung, in welcher keiner der beiden Kreise geschlossen ist. Ist die Spannung zu hoch, so wird der eine, bei zu niederer Spannung der andere Stromkreis geschlossen. Jeder der beiden genannten Kreise enthält einen Elektromagnet, E_1 bezw. E_2. Die Bewegung, welche die Anker dieser Elektromagnete bei Erregung derselben ausführen, kann nun ohne weiteres, mittels einer passenden mechanischen Übertragung, zur Vor- bezw. Rückwärtsbewegung eines Kontakthebels verwendet werden, welcher Widerstände oder Elementzellen ein- und ausschaltet.

Da hierzu jedoch ein nicht unerheblicher Arbeitsaufwand erforderlich ist, so zieht man es gewöhnlich vor, diese Arbeit nicht durch den Strom verrichten zu lassen, sondern auf rein mechanischem Wege mittels einer Vorrichtung, welche z. B. von der Betriebsmaschine mitbewegt oder durch einen kleinen Elektromotor angetrieben und durch die genannten Elektromagnete mit dem zu verstellenden Schleifkontakte auf kurze Zeit gekuppelt wird. Ferner findet sich auch die Einrichtung so, dass jeder der beiden erwähnten Elektromagnete, sobald er erregt wird, einen weiteren Stromkreis schliesst. Diese letzteren Stromkreise enthalten je einen sehr starken Elektromagnet, dessen Anker dann den Zellenschalter oder die sonst vorhandene Reguliervorrichtung verstellt. Oder es wird durch die vom Relais betätigten kleinen Elektromagnete ein Elektromotor so eingeschaltet, dass er sich im einen oder im entgegengesetzten Sinne dreht und seinerseits die Regulierung bewirkt u. s .w.

Das Gesagte dürfte hinreichen, um darzutun, dass bei der selbsttätigen Fernspannungsregulierung die Mithilfe der Menschenhand zwar entbehrlich wird, dass dafür aber eine Anzahl Apparate hinzukommt, deren tadelloses Arbeiten durch jede kleine Störung, die auch nur an einem derselben eintritt, beeinträchtigt werden kann. Und derartige Störungen liegen bei einer mehr oder weniger so komplizierten Einrichtung, insbesondere wenn die Teile derselben nicht sehr sorgfältig behandelt und täglich nachgesehen werden, durchaus nicht ausserhalb des Bereiches der Möglichkeit, kommen vielmehr in der Praxis häufig genug vor. Rechnet man hierzu den nicht eben niederen Preis derartiger Apparate, sowie den Verlust an elektrischer Arbeit, die in der Hauptleitung nutzlos in Wärme umgewandelt wird, so erscheint es wünschenswert, wie schon wiederholt betont, die Notwendigkeit einer Fernspannungsregulierung ganz zu vermeiden, d. h. nur einen kleinen Spannungsverlust zuzulassen, wenn derselbe auch durch einen grossen Aufwand an Leitungskupfer erkauft werden muss. Dies gilt besonders für Einzelanlagen.

Beschreibung einiger Einrichtungen zur selbsttätigen Regulierung der Spannung.

122. Der »selbsttätige Rheostat« von **Siemens & Halske** besteht, ausser einem Relais, aus dem in Fig. 238 abgebildeten Apparat. Dies ist ein die Widerstände enthaltender Kasten aus perforiertem Blech. Auf der Vorderseite sind in einem Kreise die Kontaktstücke angeordnet, welche mit den einzelnen Unterabteilungen des Widerstandes verbunden sind. Die über diesen Kontaktknöpfen zu bewegende Schleifkurbel ist mit einem grossen Zahnrade fest verbunden. Neben der Peripherie des letzteren ist ein Schlitten angeordnet, der durch eine Exzenterstange in vertikaler Richtung ununterbrochen auf- und abbewegt wird. Der Exzenter sitzt auf einer Welle, die ihren Antrieb von der Betriebsmaschine oder durch einen besonderen Elektromotor erhält. Auf dem Schlitten sitzt ein Elektromagnet, dessen Anker eine Klinke trägt. Sobald der Elektromagnet erregt wird, greift diese Klinke in die Zähne des genannten Zahnrades ein und dreht dieses beim Hinauf- oder Hinabgehen des Schlittens um einen Zahn. Damit das Zahnrad, und mit ihm die Schleifkurbel, in einem und demselben Sinne um mehrere Felder weiterbewegt werde ,darf die Sperrklinke das Rad entweder nur beim Aufwärts- oder nur beim Abwärtsbewegen des Schlittens mitnehmen. Zu diesem Zwecke ist auf der Welle des

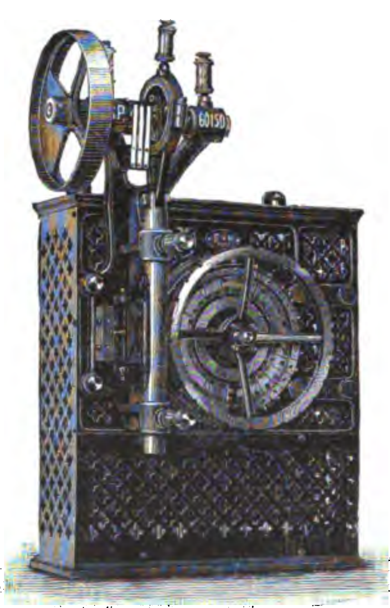


Fig. 238.



Fig. 239.

Exzenters eine Kontaktvorrichtung angebracht, welche aus Fig. 239, die die wesentlichen Teile des Apparates in grösserem Massstabe darstellt, deutlich zu erkennen ist. Sie besteht aus drei voneinander isolierten Schleiffedern, welche auf metallenen Sektoren abwechselnd schleifen, die auf der Exzenterwelle angebracht sind. Die Federn stehen mit dem Relais (Fig. 240), die Metallsektoren mit dem Elektromagnet des Klinkwerkes so in Verbindung, dass bei der einen Stellung der Relaiszunge der Elektromagnet nur beim Aufwärtsgehen der Exzenterstange, bei der anderen Stellung des Relais nur bei der Abwärtsbewegung erregt ist. Dementsprechend bewirkt ein Schliessen des Relaiskontaktes nach der einen Seite, das z. B. durch Ansteigen der Spannung hervorgerufen ist, die Drehung des Zahnrades in dem Sinne, dass am Rheostat Widerstand eingeschaltet wird. Berührt dagegen, beim Sinken der Spannung unter den normalen Betrag, der bewegliche Teil des Relais den anderen Kontakt, so wird dadurch Ausschalten von soviel Widerstand bewirkt, dass die Spannung am Endpunkte der Hauptleitung den Normalwert wieder erreicht.

Der nämliche Steuerapparat kann auch benutzt werden, um die Klemmenspannung einer Nebenschlussmaschine bei Veränderungen des Stromverbrauches dadurch konstant zu halten, dass er den in den Stromkreis der Magnetwickelung eingeschalteten Widerstand verändert. Ebenso kann er den Schleifhebel eines Zellenschalters bewegen, dessen Zellenkontakte kreisförmig angeordnet sind.

Der selbsttätige Regulator von Thury, fabriziert von der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft«, ist in Fig. 241 im Schema, in Fig. 242 in perspektivischer Ansicht abgebildet. Das Relais *S* (Fig. 241) setzt, je nach der Stellung seines Eisenkernes, die Zunge *h* mit einer der Kontaktschrauben *a* oder *b* in Verbindung und erregt dadurch einen der beiden Elektromagnete *A* und *B*. Zwischen den Polen der letzteren dreht sich die Eisenscheibe *c*, deren Axe ihre Bewegung, durch Vermittelung der am an-

Fig. 240.

deren Ende sitzenden Schnurscheibe, von irgend einer Welle der Maschinenanlage oder von einem besonderen kleinen Elektromotor erhält. Auf der Axe des Apparates sitzen noch zwei konische Scheiben *d* und *e*, welche bei der Anziehung der Eisenscheibe *c* durch einen der Elektromagnete abwechselnd auf die grössere,

horizontale konische Scheibe *g* auflaufen, wodurch diese im einen oder anderen Sinne gedreht wird. Durch die Schnecke, welche auf der Axe der Scheibe *g* angebracht ist, wird die Drehbewegung auf das Schneckenrad *x* übertragen.

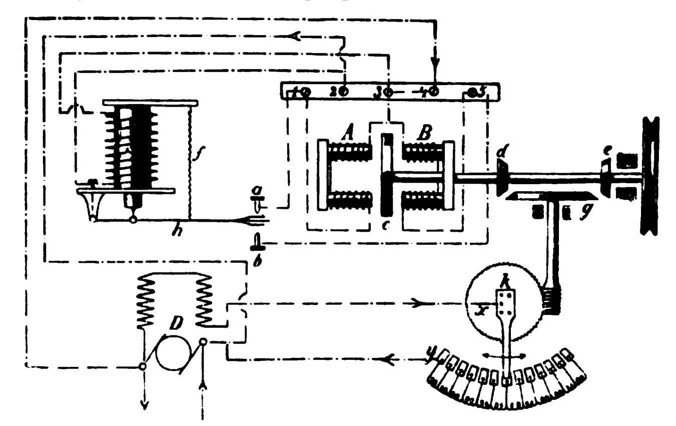


Fig. 241.

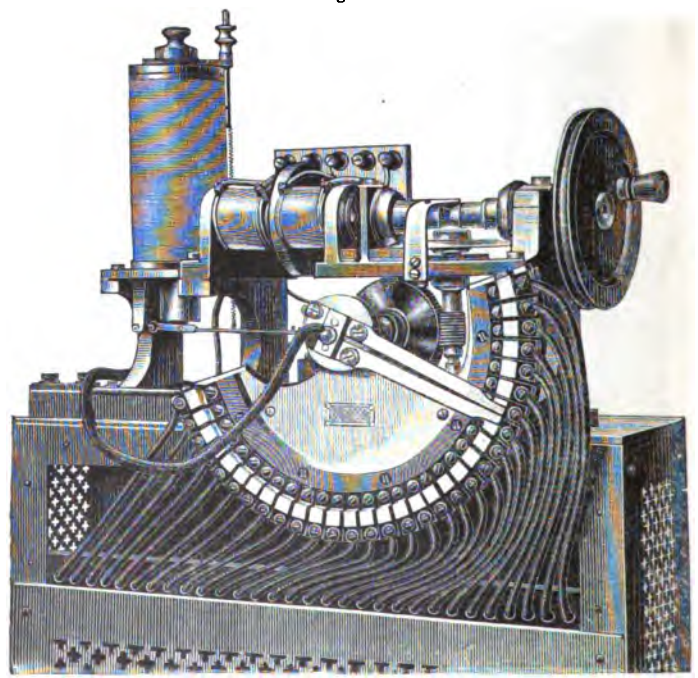


Fig. 242.

Mit diesem dreht sich die Schleifkurbel *k* über den im Kreisbogen stehenden Kontaktstücken, von denen die in Fig. 242 sichtbaren Verbindungsdrähte zu den einzelnen Abteilungen des Rheostaten führen.

Die Schaltungsskizze Fig. 241 veranschaulicht den Fall, in welchem der selbsttätige Regulator dazu benutzt wird, die Klemmenspannung einer Nebenschlussmaschine konstant zu halten. Ebenso lässt sich der Apparat verwenden, um in eine Fernleitung Widerstände ein- und auszuschalten, oder um die Kurbel eines Zellenschalters zu bewegen und durch Veränderung der Zellenzahl einer Akkumulatorenbatterie die Spannung an irgend einem Punkte, mit dem die Wickelung des Relais verbunden ist, auf einem bestimmten Betrage zu erhalten, ferner auch zum Erhalten konstanter Stromstärke, z. B. in einem Serien-Stromkreise.

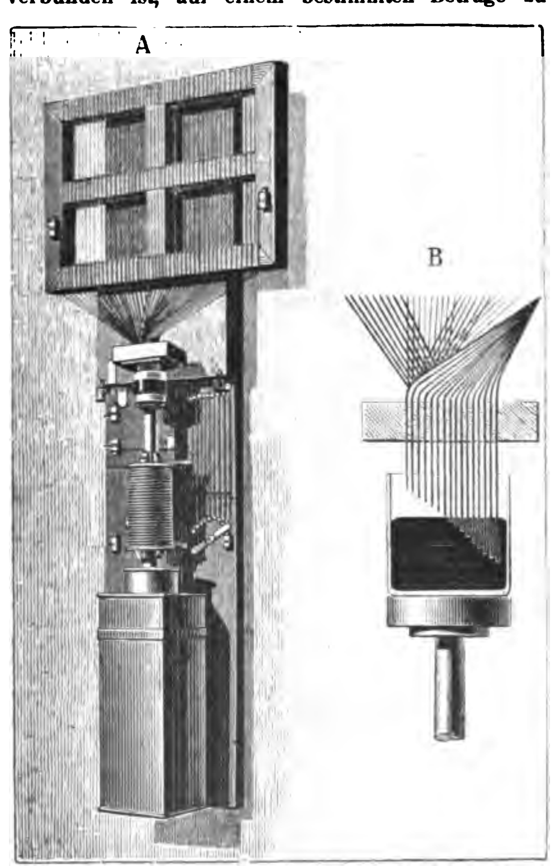


Fig. 243.

Bei dem »Automat-Rheostat« von **Bláthy**, fabriziert von den Firmen Ganz & Co. in Budapest, »Helios« in Köln und anderen, geschieht das Ein- und Ausschalten von Widerständen in besonders einfacher Weise. Eine senkrecht angebrachte Drahtspule ist in geeigneter Weise in einen Haupt- oder Nebenstromkreis so eingeschaltet, dass der sie durchfliessende Strom z. B. proportional mit dem Stromverbrauche der Lampen, oder aber proportional der Spannung an den Lampen oder an den Maschinenklemmen steigt und fällt. Je nachdem zieht die Spule einen Eisenkern nach unten mehr oder weniger weit in sich herein. Der Eisenkern besitzt oben und unten Fortsätze aus anderem Metall. Mittels dieser trägt er unten einen hohlen, oben geschlossenen Blechzylinder, der in ein Wassergefäss taucht (vergl. Fig. 243, *A*), oben ein mit Quecksilber zum Teil gefülltes Glasgefäss. Der Auftrieb, den das Wasser auf den Hohlzylinder ausübt, wirkt dem Hereinziehen des Eisenkernes in die Drahtspule entgegen. Zugleich werden durch das Wasser die Bewegungen des ganzen Systemes gedämpft. Um Reibung möglichst zu vermeiden, ist der Eisenkern, bezw. dessen Fortsätze, an beiden Enden der Drahtspule zwischen je drei Röllchen geführt.

Oberhalb der genannten Teile befindet sich ein Rheostat. An jede Unterabteilung desselben ist ein Eisendraht angesetzt. Die Enden dieser Eisendrähte sind, nahe beieinander, durch eine viereckige isolierende Platte so geführt, dass die bezüglichen Löcher einen Kreis bilden. Auf der Unterseite der Platte sind die Enden der Drähte auf verschiedene Länge abgeschnitten, und zwar ist, wenn man im Kreise herumgeht, jedes folgende Drahtende etwas kürzer als

das vorhergehende, sodass die Endpunkte eine aufsteigende Spirale bilden. Je nach der Stellung des Eisenkernes in der Spule taucht nun eine grössere oder kleinere Anzahl der Eisendrahtenden in das Quecksilber des von dem Eisenkerne getragenen Glasgefässes (vergl. Fig. 243, *B*). Dadurch wird eine grössere oder kleinere Anzahl Abteilungen des Rheostaten kurz geschlossen, und nur die übrigen, deren Enden noch oberhalb des Quecksilbers stehen, sind eingeschaltet.

Dass es auf diese Art möglich ist, die Klemmenspannung einer Nebenschlussmaschine konstant zu halten, oder auch andere Arten selbsttätiger Spannungs- oder Stromregulierung zu bewirken, bedarf keines besonderen Nachweises. Starke Ströme kann man jedoch durch das Quecksilber nicht gut leiten, sodass sich der Apparat als Hauptstrom-Rheostat zur Fernspannungsregulierung nicht recht eignet. Er ist ursprünglich auch nur zum Ausgleiche mässig grosser Spannungsschwankungen bestimmt, während grössere Veränderungen des einzuschaltenden Widerstandes von Hand geschehen sollten.

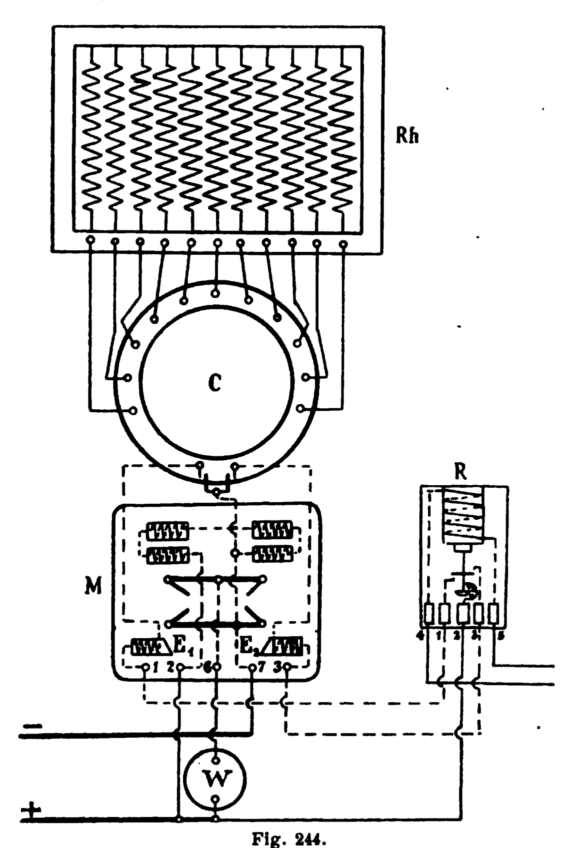


Fig. 244.

Der selbsttätige Regulator von **Hermann Müller**, fabriziert von der »Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft, vormals Schuckert & Co., ist in Fig. 244 im Schaltungsschema, in Fig. 245 in der äusseren Ansicht dargestellt. Er besteht aus einem Relais der mehrfach erwähnten Form (*R*, Fig. 244), dem Steuer- und Schaltapparat *M* und dem durch den letzteren zu verändernden Widerstande *Rh* nebst Schleifkurbel und Kontaktstücken *C*.

Die bewegende Kraft zum Verstellen der Schleifkurbel liefert ein kleiner Elektromotor einfachster Art, dessen Gestalt aus Fig. 245 erkennbar ist. Dieser Elektromotor steht gewöhnlich still und wird nur eingeschaltet, wenn der Apparat arbeiten soll. Zu diesem Zwecke ist auf der senkrecht stehenden Welle des Motors ein Kommutator in Form einer aus mehreren voneinander isolierten Stücken bestehenden Metallscheibe angebracht. Auf dieser können zwei Paare von Schleifbürsten schleifen, die, wie aus Fig. 245 deutlich zu ersehen, an der Ober- und der Unterseite der Kommutatorscheibe angebracht sind. Für gewöhnlich sind beide Bürstenpaare von der Scheibe abgehoben. Die Bürsten sitzen an einem Hebelsystem, welches durch die beiden, in den Abbildungen am tiefsten sitzenden Elektromagnete (E_1 und E_2, Fig. 244) im einen oder anderen Sinne

etwas bewegt werden kann. Diese beiden Elektromagnete entsprechen E_1 und E_2 in der früheren Abbildung Fig. 23[illegible]. Der eine oder andere von ihnen wird von der Dynamomaschine oder Akkumulatorenbatterie aus erregt, sobald das Relais R (Fig. 244) seinen oberen oder seinen unteren Kontakt schliesst. Dadurch wird das erwähnte Hebelsystem, auf welchem beiderseitig die Anker der Elektromagnete E_1 und E_2 befestigt sind, nach links oder rechts gezogen und damit das eine oder das andere Bürstenpaar auf die Kommutatorscheibe aufgelegt. Nun erhält der Elektromotor von der Hauptstromquelle Strom, und die Verbindungen sind so gewählt, dass der bewegliche Teil des Motors sich im einen oder im entgegengesetzten Sinne dreht, je nachdem das eine oder das andere Bürstenpaar den Kommutator berührt.

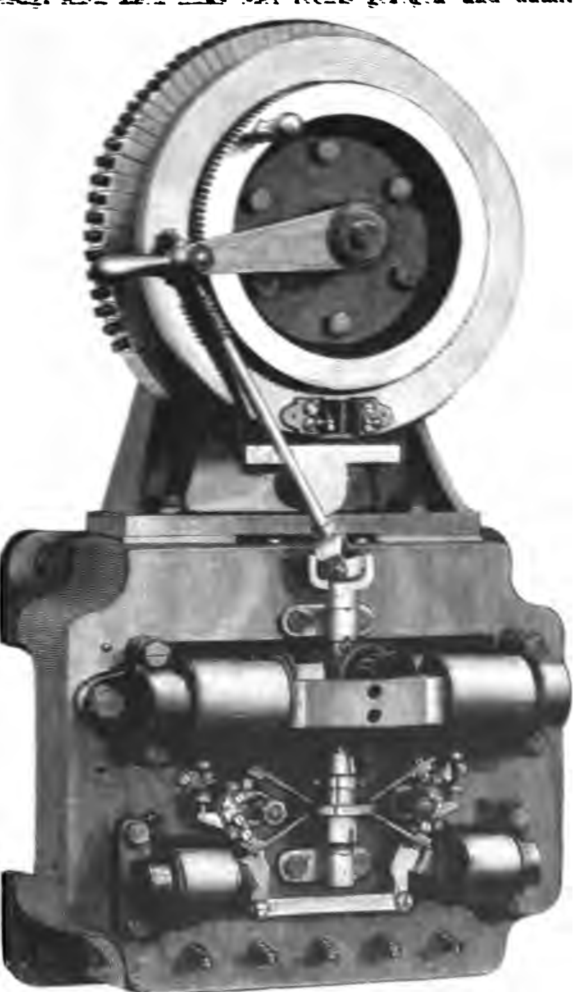


Fig. 245.

Indessen dauert die Drehung des Elektromotors nicht nur so lange als einer der Elektromagnete E_1 und E_2 erregt ist, bezw. so lange, als das Relais Kontakt macht. Durch die Erregung von E_1 und E_2 wird die Bewegung des Motors nur ausgelöst. Sie hält dann so lange an, bis der Motor eine bestimmte Anzahl Umdrehungen (1, 2, 3, je nach der getroffenen Einrichtung) gemacht hat. Dann schaltet er sich selbsttätig aus. Macht jedoch das Relais noch weiter Kontakt, sodass der bezügliche Steuer - Elektromagnet erregt bleibt, so wird der Motor dadurch, nach einmaliger Vollführung der vorgeschriebenen Anzahl Umdrehungen, auf's neue ausgelöst, und das Spiel wiederholt sich so lange, bis die Spannung an den Punkten, mit denen man das Relais verbunden hat, ihren normalen Wert wieder erreicht hat und das Relais wieder zwischen beiden Kontakten spielt.

Die Anzahl Umdrehungen, die der Elektromotor nach einer Auslösung macht, ist so gewählt, dass dadurch, durch Vermittelung des (in Fig. 245 sichtbaren) Kugelgelenkes und des Schneckenantriebes, die Schleifkurbel des Rheostaten

gerade um ein Feld verstellt wird. (In dem Schaltungsschema Fig. 244 ist der drehbare Teil des Motors, der Kommutator und der Übertragungsmechanismus bis zur Schleifkurbel, nebst dieser letzteren, nicht gezeichnet. Vom Motor sind nur die Feldmagnete und die beiden Bürstenpaare zu sehen.)

Statt mit einem Rheostaten, der in eine Hauptleitung eingeschaltet wird, lässt sich der beschriebene selbsttätige Apparat auch mit einem Zellenschalter verbinden. In diesem Falle wird die Entladespannung der Batterie bei Schwankungen des Stromverbrauches selbsttätig so verändert, dass an einem bestimmten Punkte der Anlage die Spannung konstant gehalten wird. Ordnet man die Kontaktstücke des Zellenschalters in gerader Linie an, so fällt die Schneckenübertragung weg, und die Welle des Elektromotors dreht unmittelbar die Schraubenspindel, welche den Entladekontakt auf- oder abbewegt, und zwar nach der jedesmaligen Auslösung gerade um eine Zelle.

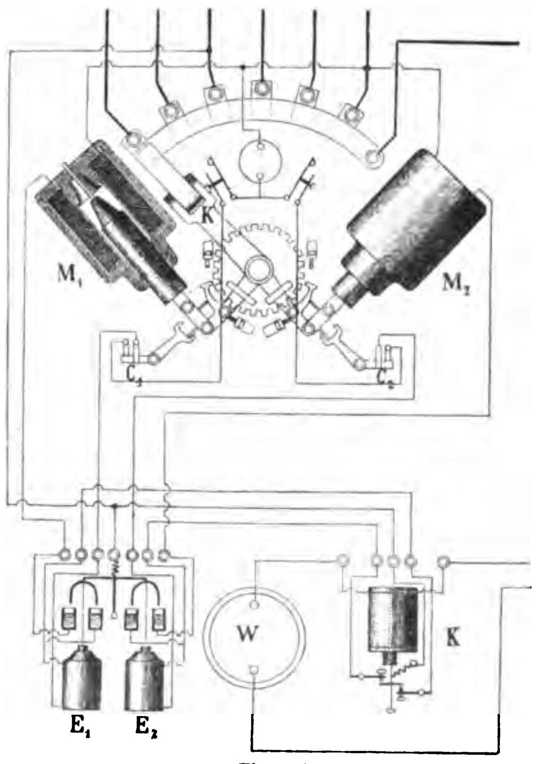


Fig. 246.

Der selbsttätige Zellenschalter von **Trumpy** wurde von der »Akkumulatoren-Fabrik, Aktien-Gesellschaft« in Hagen i. W., gebaut. Die Konstruktion, Schaltung und Wirkungsweise dieses Apparates, samt seinen Zubehörteilen, kann aus der schematischen Fig. 246, die zugleich Schaltungsskizze ist, deutlich ersehen werden.

Die Drahtwickelung des Relais *K* ist, unter Vorschaltung des Widerstandes *W*, mit den Punkten der Anlage verbunden, an denen die Spannung konstant erhalten werden soll. Je nachdem der bewegliche Teil des Relais die untere oder die obere der beiden Kontaktschrauben berührt, wird dadurch einer der beiden Elektromagnete E_1 und E_2 von den Akkumulatoren aus erregt. Diese beiden entsprechen völlig den ebenso bezeichneten Magneten der früheren Fig. 237. Dieselben bewirken jedoch ihrerseits noch nicht die Bewegung der Zellenschalterkurbel. Sie schliessen vielmehr dadurch, dass der eine oder andere von ihnen seinen Eisenkern in sich hineinzieht, den einen oder anderen von zwei Quecksilberkontakten, wie in Fig. 246 deutlich hervortritt. Dadurch erhält endlich einer von den beiden grossen Elektromagneten M_1 und M_2 Strom, ebenfalls aus der Akkumulatorenbatterie. M_1 und M_2 sind sogen. Topf-Elektromagnete mit starken Eisenkernen, wie ein Blick auf M_1, der im Schnitt gezeichnet ist, ergibt, und vermögen eine beträchtliche Kraftleistung zu entwickeln. Wird einer von ihnen erregt, so zieht er seinen Ankerkern in sich herein, und ein von diesem gedrehter Hebel greift mittels eines Sperrzahnes in das mit der Schleifkurbel des Zellenschalters verbundene Sperrrad ein. Dadurch wird die Kurbel von einem Zellenkontakt bis zum nächsten

bewegt. In dem Augenblicke, wo der Ankerkern ganz hineingezogen ist, bewirkt er, in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise, bei C_1 bezw. C_2 die Unterbrechung des Stromes für den zugehörigen kleinen Elektromagnet (E_1 bezw. E_2). Dadurch lässt dieser seinen Anker los, der Quecksilberkontakt öffnet sich und der Haupt-Elektromagnet wird stromlos. Infolgedessen zieht eine (in Fig. 246 nicht sichtbare) Feder den Eisenkern des letzteren wieder heraus, wobei der zugehörige Sperrzahn in seine Anfangsstellung zurückgleitet, ohne das Sperrrad und die Schleifkurbel mitzunehmen. Sobald der Ankerkern des Hauptmagnetes aus der Spule wieder weit genug herausgetreten ist, stellt er selbsttätig die Verbindung des zugehörigen kleinen Elektromagnetes mit der Batterie (bei C_1 oder C_2) wieder her und, falls das Relais noch weiter Kontakt macht, beginnt das beschriebene Spiel von neuem, sodass die Zellenschalterkurbel nochmals um einen Zellenkontakt verstellt wird. Je nach der Stellung des Relais arbeitet der eine oder der andere der beiden Hauptmagnete und es

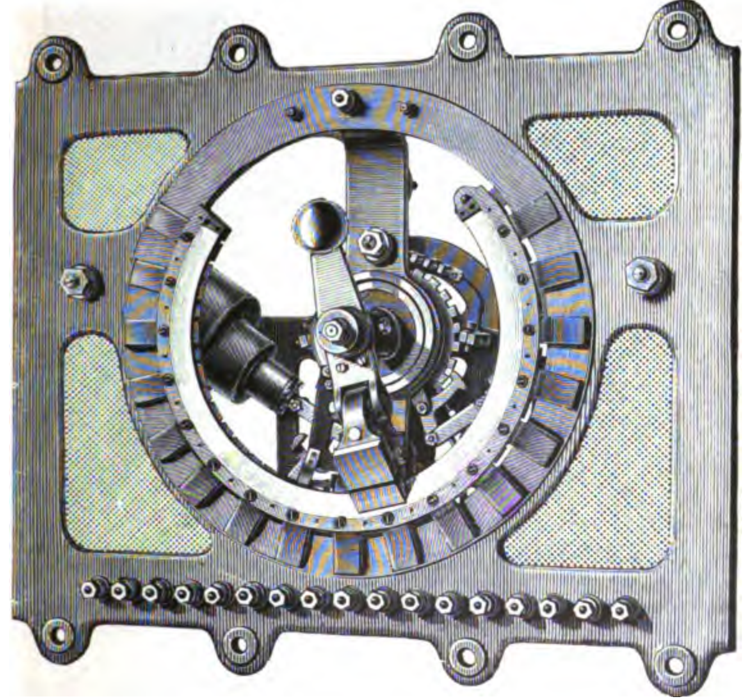


Fig. 247.

werden dadurch Zellen entweder ein- oder ausgeschaltet. Es ist ferner noch dafür Sorge getragen, dass in jeder der beiden Endstellungen der Schleifkurbel von dieser aus der Stromkreis des bezüglichen kleinen Elektromagnetes unterbrochen wird, sodass, selbst bei weiter andauernder Kontaktgebung des Relais, der Hauptmagnet, welcher eine Weiterbewegung der Kurbel im gleichen Sinne wie zuvor zu bewirken streben würde, keinen Strom mehr erhält.

In Fig. 247 ist der eigentliche Schaltapparat, bestehend aus den Elektromagneten M_1 und M_2, dem Sperrrade mit Schleifkurbel und den Zellenkontakten, in der Vorderansicht, in Fig. 248 von der Rückseite gesehen abgebildet.

Der gleiche Apparat wird auch als Doppel-Zellenschalter ausgeführt. In diesem Falle wird jedoch nur der Entladehebel in der beschriebenen Weise selbst-

tätig bewegt, sodass die den Lampen zuzuführende Spannung konstant erhalten wird. Der Ladehebel dagegen wird während der Ladung von Hand verstellt. Für die Entladeperiode lässt er sich mit dem Entladehebel so kuppeln, dass beide auf den gleichen Zellenkontakten stehen und durch den selbsttätigen Apparat gemeinsam und in gleicher Weise verstellt werden.

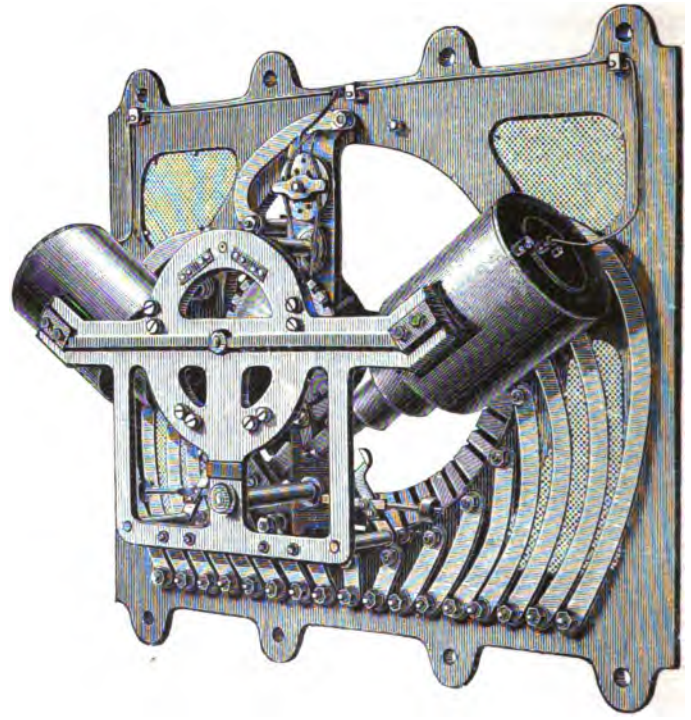


Fig. 248.

Die Anordnung von Zwischenwiderständen geschieht bei dem Selbstzellenschalter in genau der nämlichen Weise wie bei Hand-Zellenschaltern.

Für sehr grosse Stromstärken wird der Apparat in der Weise abgeändert, dass ein kleiner Elektromotor die zum Verstellen der Kurbel erforderliche bewegende Kraft liefert.

123. Besondere Verhältnisse bei Blockstationen. Die sogen. Blockstationen versorgen die Gebäude innerhalb eines von Strassen umzogenen Häuserblockes, der auch die Stromerzeugungsanlage enthält, mit Strom. Da Strassen nicht zu überschreiten sind, so können die Leitungen ausschliesslich oberirdisch in Gebäuden, über Hofräume und event. Dächer hinweg, gelegt werden. Der Vorteil besteht bei derartigen Anlagen also darin, dass infolge Ersparnis der teuren Kabelleitungen und weil die vorkommenden Entfernungen überhaupt nicht gross sind, der Strom zu billigerem Preise geliefert werden kann, als dies bei den sogen. Zentralanlagen, welche ganze

Stadtbezirke mit Strom versorgen, geschehen kann. Die Blockstationen stehen somit in der Mitte zwischen den Einzelanlagen und den Zentralstationen. Da dieselben jedoch bezüglich der zu speisenden Lampenzahl im allgemeinen erheblich hinter den letzteren zurückbleiben, so wird man die Leitungsanlage einer Blockstation am zweckmässigsten, wenn irgend möglich, so disponieren, dass der Betrieb demjenigen einer Einzelanlage nahekommt. Dies heisst mit anderen Worten: man wird auch hier im Interesse der Einfachheit, Sicherheit und Billigkeit des Betriebes erhebliche Spannungsverluste vermeiden, sodass eine Fernspannungsregulierung wegfällt. Man kann ja, wie früher erwähnt, Veränderungen der Spannung an den Lampen bis zu 3 % noch zulassen, was einem maximalen Spannungsverluste, von der Stromquelle bis zur Lampe, von 3 % entspricht. Unter solchen Verhältnissen beschränkt sich die Regulierung auf die Konstanterhaltung der Spannung an der Stromquelle (vergl. **113**). Es ist übrigens möglich, sobald der Konsum klein wird, z. B. in den späten Abendstunden, in welchen der Strom in sämtlichen Leitungen stark abnimmt, durch entsprechende Verminderung der Klemmenspannung der Stromquelle zu verhüten, dass die wenigen noch brennenden Lampen wesentlich mehr als ihre normale Spannung erhalten.

Bei grossen Blockanlagen mit beträchtlicheren Entfernungen führt man, zur Verminderung der Kosten, die Leitungsanlage mit Vorteil nach dem Dreileitersystem (vergl. **105**) mit 2 × 110 Volt aus, oder wählt bei Zweileitersystem als Betriebsspannung 220 Volt.

Konstruktion der Leitungen.

124. Die Kupferseele. Kupferleitungen bestehen aus einem einfachen Drahte oder aus einer Anzahl von Drähten, welche zu einer Litze zusammengedreht oder verflochten (verseilt) sind. Sie kommen in blankem Zustande oder aber mit verschiedenartigen isolierenden Hüllen versehen zur Verwendung. Auf die in den einzelnen Fällen anzuwendenden Arten der Isolierung wird unten eingegangen werden.

Leitungen aus einem einzigen Kupferdrahte werden in Innenräumen bis zu einem Durchmesser von etwa 5 *mm* (Querschnitt etwa 20 *qmm*) angewendet. Noch dickere Drähte sind so steif, dass ihre Verlegung schwierig und zeitraubend wird. Zu Aussenleitungen aus blankem Kupfer werden jedoch häufig auch grössere Querschnitte in einem homogenen Drahte ausgeführt. In den meisten Fällen, insbesondere bei Innenleitungen, zieht man für Querschnitte über 20 *qmm* Leitungen mit aus mehreren Drähten bestehenden Kupferlitzen ihrer grösseren Biegsamkeit wegen vor. Allerdings

sind dieselben etwas höher im Preise, um so mehr, je grösser bei gleichem Querschnitt die Zahl der Einzeldrähte ist. In den oben erwähnten Sicherheitsvorschriften des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« wird verlangt, dass alle festverlegten, isolierten Leitungen von 25 *qmm* Querschnitt an aus verseilten Drähten bestehen sollen. Es kommen auch für kleinere Querschnitte als 20 *qmm*, bis zu 1 *qmm* herab, häufig Leitungen mit Kupferlitzen (bezw. -Seilen) zur Verwendung, wenn im Interesse einer bequemen Verlegung oder aus anderen Gründen grössere Biegsamkeit gewünscht wird. Insbesondere stellt man bewegliche, lose Zuleitungen zu einzelnen Bogen- oder Glühlampen stets aus Drahtlitzen mit einer grösseren Zahl von Einzeldrähten und entsprechender Isolierung her.

Die Enden derartiger Drahtlitzen, bis zum Querschnitte von 20 bis 25 *qmm* hinauf, müssen da, wo sie zum Zwecke der Verbindung mit anderen Leitungsteilen in das Loch einer Klemmschraube gesteckt oder, zu einer Öse gebogen, unter eine Kopfschraube geklemmt werden sollen, durch Verzinnen mit Lötzinn in einen festen, vollen Draht verwandelt werden. Bei noch höheren Querschnitten verschraubt man das Ende der Drahtlitze nicht direkt, sondern lötet oder schraubt es in die Hülse eines sogenannten Kabelschuhes, der seinerseits durch eine oder mehrere Schrauben festgeklemmt wird. In Fig. 249 und 250 sind verschiedene Formen von Kabelschuhen, teils zum Einlöten, teils zum Einschrauben der Leitungsenden, abgebildet.[1])

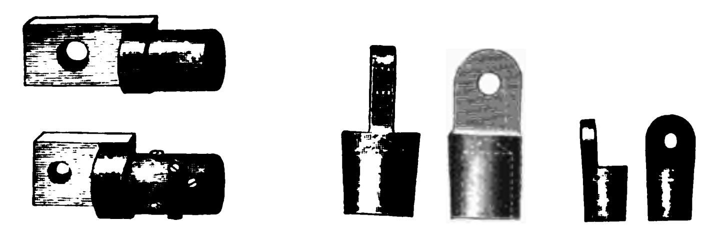


Fig. 249. Fig. 250.

Als Normalquerschnitte von Kupferleitungen in Draht- oder Seilform bürgern die vom »Verbande deutscher Elektrotechniker« festgesetzten sich immer mehr ein. Diese sind:

0,75 1 1,5 2,5 4 6 10 16 25
35 50 70 95 120 150 185 240 310 *qmm*, u. s. f.

Die Verwendung von Drähten oder Drahtlitzen von weniger als 1 *qmm* Querschnitt zu längeren Leitungsstücken ist wegen der geringen Festigkeit derselben nicht zweckmässig. Dagegen können

[1]) Vergl. auch den eine sehr vollkommene Verbindung gewährenden Kabelschuh von Feussner, E T Z 1895, S. 66.

solche an bezw. in Beleuchtungskörpern (Lustres u. dergl.) als Verteilungsleitungen zu den einzelnen Lampen angebracht werden.

125. Die Isolierung. Die Art der Isolation der Leitungen richtet sich zunächst danach, wo sie verlegt werden sollen, dann auch nach der Spannung, mit welcher die elektrische Energie verteilt wird.

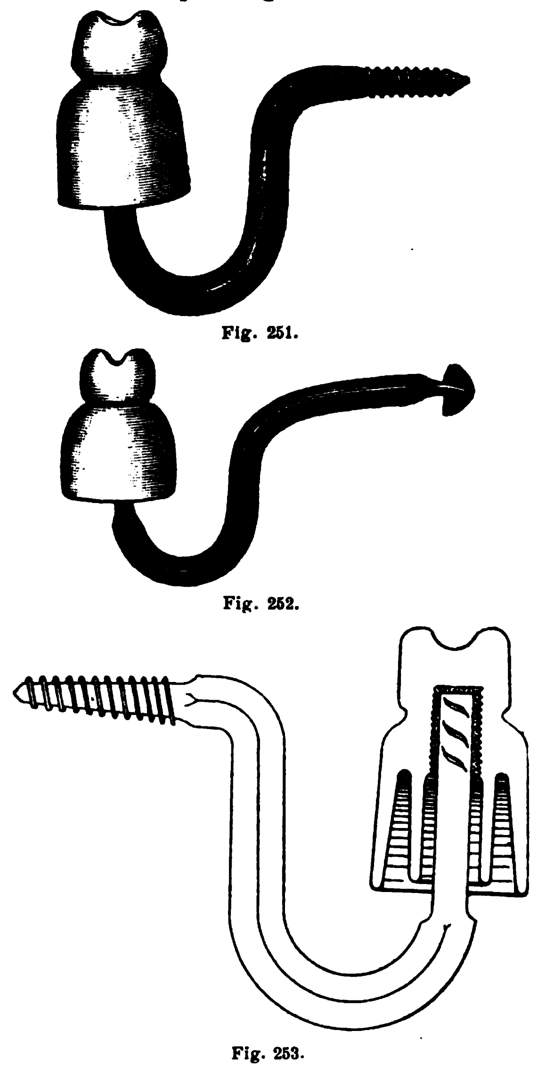


Fig. 251.

Fig. 252.

Fig. 253.

Verläuft die Leitung im Freien, so verwendet man blanken Draht (bei grösseren Querschnitten blankes Drahtseil) und isoliert denselben dadurch, dass man ihn an Porzellan-Isolatoren spannt. Jede Isolierung des Drahtes auf seiner ganzen Länge, z. B. durch harzgetränktes Gespinst, Guttapercha oder Gummi, würde durch die Einflüsse der Witterung in kurzer Zeit zerstört werden. Die geeignetste Form des Porzellan-Isolators ist die Doppelglocke, wie sie bei den Telegraphenleitungen in Gebrauch ist. Doch genügt für Starkstromleitungen häufig eine kleinere Form derselben, von der Grösse, welche z. B. zur Isolierung der Telephonnetze in den deutschen Städten dient. Die Befestigung der Glocke auf der sie tragenden eisernen Stütze geschieht am besten nicht durch Eingiessen von Schwefel, sondern, wie bei den Telegraphenleitungen, mittels in Leinöl getränkten Hanfes. Fig. 251 und 252 zeigen die Doppelglocke in zwei verschiedenen

Grössen. Die eiserne Stütze ist bei Fig. 251 zum Einschrauben in Holz mit einer Holzschraube, bei Fig. 252 behufs Eingipsens mit Steindolle versehen. In Fig. 253 ist eine Doppelglocke im Schnitt abgebildet. Auch in Hallen (Bahnhofs-, Markt- oder Ausstellungshallen) ist die Verwendung blanken, an Porzellanglocken geführten Drahtes zulässig, doch muss Vorsorge getroffen werden, dass dieser von den Teilen der meist eisernen Dachkonstruktion sowie von den Wänden weit genug entfernt bleibt. Da, wo die Leitung in die Lampen (meistens handelt es sich bei derartigen blanken Leitungen um Bogenlampen) eingeführt ist, muss dieselbe mit einer isolierenden Hülle umgeben sein. Man führt gewöhnlich die blanken Drähte bis zu zwei Isolatoren, welche an der die Lampe tragenden Aufhängung (Pfosten, bei Anbringung im Freien) befestigt sind, und lötet hier zwei durch mehrere Hüllen (vergl. unten) isolierte Kabelstücke an, welche von den genannten Isolatoren bis zu den Polklemmen der Lampe geführt sind. Auf die Abstände, welche derartigen Leitungen aus blankem Metall voneinander und von benachbarten Gegenständen zu geben sind, wird noch zurückgekommen.

Alle Leitungen, welche in Innenräumen verlegt werden sollen, müssen auf ihrer ganzen Länge von einer isolierenden Hülle umgeben sein. Diese besteht gewöhnlich aus mehreren Schichten, teils um höhere Isolation zu erreichen, hauptsächlich aber, um zu verhindern, dass durch mechanische Einwirkungen, wie Reiben, Drücken u. dergl., welche beim Verlegen und auch später nicht ganz vermieden werden können, die Isolierhülle leicht durchgescheuert und das blanke Kupfer blossgelegt werde. Ausser der Bedingung einer guten Isolation soll die Isolierhülle häufig noch derjenigen genügen, die Isolation auch dann zu bewahren, wenn die Leitung feucht wird. Sie soll also möglichst wasserdicht sein. Dagegen ist man von der Forderung der Feuersicherheit für die Isolierschicht vielfach abgekommen, da sich die Erfüllung derselben mit der der vorgenannten Bedingungen nicht leicht vereinigen lässt. Bei Leitungen, welche in trockenen Räumen zur Verwendung kommen sollen, genügt eine mehrfache Baumwollbespinnung und Tränkung der äussersten Hülle mit Wachs, Asphalt, Ozokerit oder dergl. Eine Isolierung, die sich öfter findet, ist z. B. folgende: Eine Bespinnung mit Baumwolle, eine zweite desgleichen, mit Wachs, Teer oder Asphalt getränkt, dann als äusserste Schicht eine Beklöppelung mit Baumwolle, welche mit einer Asphaltmischung, oder aber, wenn Flammsicherheit verlangt wird, mit Wasserglas oder ähnlichen Substanzen getränkt ist.

Da es häufig vorkommt, dass Wände, an welchen man derartige Leitungen verlegt hat, feucht sind oder feucht werden, so ist es

zweckmässig, den Leitungen noch einen vollkommeneren Schutz gegen das Eindringen der Feuchtigkeit zu geben, auch wenn dieselben in angeblich trockenen Räumen verlegt werden sollen. Man erreicht diesen Schutz, indem man zu den oben beschriebenen Schichten noch eine Umwickelung mit dünnem Gummiband hinzufügt. Da Kupfer von Kautschuk, besonders wenn dieser vulkanisiert ist, angegriffen wird, so darf das Gummiband nicht ohne weiteres auf das blanke Leitungskupfer aufgewickelt werden, sondern ist an der direkten Berührung mit dem Kupfer zu hindern. Dies geschieht entweder dadurch, dass man die Kupferleitung verzinnt, oder so, dass die Gummihülle erst über der ersten Baumwollbespinnung angebracht wird.

Diejenigen Drähte oder Drahtlitzen, welche die letzte Zuführung zu den Lampen bilden und deswegen an oder in metallenen Beleuchtungskörpern (Lustres, Wandarme u. s. w.) geführt werden, sind hier Verletzungen durch Metallteile, z. B. scharfe Kanten, Grate an Rohrenden u. dergl., besonders ausgesetzt und müssen daher, trotz ihres meist geringen Querschnittes, eine sehr sorgfältige und genügend dicke Isolierung besitzen.

Leitungen für dauernd feuchte oder nasse Räume verlangen einen noch besseren Schutz gegen Wasser, als die bisher genannten Mittel ihn ermöglichen. Man verwendet in solchen Fällen sogenannte Gummiadern, d. h. Kupferdrähte oder Litzen, welche bis zu einer gewissen Dicke mit vulkanisiertem Kautschuk nahtlos heiss umpresst sind. Da derartige Schichten infolge ihrer Weichheit leicht verletzt werden können, so erhalten sie noch eine oder mehrere Schutzhüllen durch Umspinnung bezw. Umklöppelung mit Baumwolle oder Jute. Die äusserste Schicht wird asphaltiert oder gewachst. Statt der genannten, durch Gummi geschützten Leitungen können in Räumen, welche lediglich feucht sind, schädliche Gase oder Dämpfe jedoch nicht enthalten, auch sogenannte Bleikabel (vergl. unten), die jedoch mit Gespinst umklöppelt und dick asphaltiert sein müssen, verwendet werden.

In Räumen, welche neben erheblicher Feuchtigkeit noch Kohlensäure (Brauereien) oder Säuredämpfe (chemische Fabriken, gewisse Werkstätten u. dergl.) in grösserer Menge enthalten, ist es oft kaum möglich, Leitungen für elektrische Beleuchtung dauernd in gutem Zustande und bei genügender Isolation zu erhalten. Die Isolier- und Schutzhüllen, welche die blanken Metallteile vor Berührung mit den genannten Gasen oder Dämpfen schützen sollen, werden in mehr oder weniger kurzer Zeit selbst zerstört. Man führt deswegen die Leitungen zweckmässig gleich von vornherein an Porzellanglocken oder zieht sie in eiserne Röhren ein, muss aber stets mit einer zeitweiligen Erneuerung rechnen.

In Einzelanlagen oder Blockstationen für elektrische Beleuchtung dürfte es nur selten vorkommen, dass Leitungen in die Erde zu legen sind. Unter Umständen kann dies jedoch (z. B. beim Überschreiten grösserer Höfe oder dergl. mit Leitungen von grossem Querschnitt, oder wenn bei Zuführung des Stromes zu einem luxuriös ausgeführten Wohngebäude das gute Aussehen der Umgebung durch eine Lichtleitung nicht gestört werden soll) notwendig werden. Es sind dann stets sogenannte Bleikabel zu verwenden. Man versteht darunter Leitungen, deren Kupferseele durch eine dicke Schicht eines mit Harzmischung getränkten Gespinstes isoliert und dann mit einem (einfachen oder doppelten) Bleimantel nahtlos umpresst ist. Der letztere verhindert das Eindringen von Feuchtigkeit. Dagegen bietet er, wenn das Kabel in die Erde verlegt wird, keinen genügenden Schutz gegen äussere mechanische Verletzungen, z. B. beim Aufgraben. Gegen solche schützt man das Kabel, indem man es auf seiner ganzen Länge mit Ziegelsteinen überdeckt, oder mit flachen Säcken bedeckt, welche Zement enthalten und nachher mit Wasser begossen werden, oder dadurch, dass man es in röhrenförmige Kanäle aus Ton, Zement oder dergl., oder in eiserne Röhren einzieht. Am einfachsten erreicht man genügenden Schutz durch Verwendung der sogenannten armierten Kabel. Diese besitzen über dem mit einer geteerten Juteschicht umgebenen Bleimantel einen aus umgewickelten Eisenbändern oder verzinkten Drähten gebildeten Schutzpanzer. Über der Eisenschicht befindet sich zum Schutze gegen Rost noch eine asphaltierte Schicht Jutehanf.

Die Verbindungsstellen der Enden eines Bleikabels mit den übrigen Teilen des Stromkreises führt man ausserhalb der Erde aus. Ein Stromübergang von der Kupferseele nach dem Bleimantel muss sorgfältigst verhütet werden, weswegen der letztere an den Kabelenden auf eine längere Strecke (etwa 100 *mm*) vorsichtig wegzunehmen ist. Nach geschehener Verbindung umwickelt man die blanken Kupferteile dick mit Isolierband und zieht über die ganze Verbindungsstelle ein schon vorher aufgeschobenes, bis über den Bleimantel reichendes Stück Kautschukschlauch. Das letztere bildet einen möglichst luftdichten Abschluss und verhindert, dass Feuchtigkeit in das Bleikabel eindringt. Auf Wunsch liefern die Kabelfabriken für den genannten Zweck zu den Bleikabeln auch sogenannte Endverschlüsse mit, die zur Erhaltung guter Isolation des Kabels einen sehr sicheren Schutz bieten.

Im allgemeinen vermeidet man bei Einzel- und Blockanlagen die unterirdische Führung von Leitungen nach Möglichkeit, da die letzteren in diesem Falle dem Auge entzogen und nur schwer zugänglich sind, ganz besonders aber wegen des hohen Preises der Bleikabel und der erheblichen Verlegungskosten.

126. Einzelheiten über Leitungsmaterial. Über die häufiger vorkommenden Formen der Leitungen für Einzel- und Blockanlagen, sowie für die zu Zentralanlagen gehörigen Hausinstallationen folgen hier noch einige nähere Angaben.

Die Einführung einer beschränkten Anzahl feststehender Normal-Kupferquerschnitte, besonders für die isolierten Leitungen, schreitet immer weiter fort. Diese sind schon in **124** angegeben.

Zu blanken Leitungen, welche an Porzellanglocken verlegt werden sollen, nimmt man heutzutage häufig hartgezogenen Draht. Die absolute Festigkeit desselben beträgt etwa 40 *kg* auf 1 *qmm*. Es ist in neuerer Zeit gelungen, derartig hartem Drahte dennoch die gleiche Leitungsfähigkeit zu geben, wie weichem Kupfer. Stärkere blanke Leitungen (von etwa 50 *qmm* ab) werden gewöhnlich als ein Seil aus dünneren Drähten (von je höchstens 2,5 *mm* Durchmesser) hergestellt, um die Verlegung zu erleichtern. Die Porzellanisolatoren, welche zum Tragen derartiger Seile von 70, 95 oder gar 120 *qmm* Querschnitt bestimmt sind, müssen dementsprechend kräftig dimensioniert sein.

Die folgende Tabelle enthält für blanke Kupferdrähte von einer grösseren Anzahl verschiedener Stärken den Durchmesser, Querschnitt, Gewicht pro 100 *m*, sowie den Widerstand von 100 *m* bei 15° C, wenn für diese Temperatur 57fache Leitungsfähigkeit (spezif. Widerstand $\frac{1}{57} = 0{,}0175$) angenommen wird.

Tabelle 42.

Querschnitt, Gewicht und Widerstand von blanken Kupferdrähten.[1])

Durchmesser *mm*	Querschnitt *qmm*	Gewicht von 100 *m* *kg*	Widerstand von 100 *m* bei 15° C Ohm	Durchmesser *mm*	Querschnitt *qmm*	Gewicht von 100 *m* *kg*	Widerstand von 100 *m* bei 15° C Ohm
0,8	0,503	0,45	3,48	3,0	7,07	6,30	0,248
0,9	0,636	0,57	2,75	3,5	9,62	8,57	0,182
				3,6	10,18	9,07	0,172
1,0	0,785	0,70	2,23	4,0	12,57	11,2	0,139
1,1	0,950	0,85	1,84	4,5	15,90	14,2	0,110
1,2	1,131	1,01	1,55				
1,3	1,327	1.18	1,32	5,0	19,63	17,5	0,0892
1,4	1,539	1,37	1,14	5,5	23,76	21,2	0,0737
				5,7	25,52	22,7	0,0686
1,5	1,767	1,58	0,990	6,0	28,27	25,2	0,0619
1,6	2,011	1,79	0,870	6,5	33,18	29,6	0,0527
1,7	2,270	2,02	0,771	6,7	35,26	31,4	0,0492
1,8	2,545	2,27	0,688				
1,9	2,835	2,53	0,617	7,0	38,48	34,3	0,0455
				7,5	44,18	39,4	0,0396
2,0	3,142	2,80	0,557	8,0	50,26	44,8	0,0348
2,1	3,464	3,09	0,506	8,5	56,74	50,6	0,0308
2,2	3,801	3,39	0,461	9,0	63,62	56,7	0,0275
2,3	4,155	3,70	0,422	9,5	70,88	63,2	0,0247
2,4	4,524	4,03	0,387				
				10,0	78,54	70,0	0,0223
2,5	4,909	4,37	0,357	11,9	95,03	85,0	0,0184
2,6	5,309	4,73	0,330	12,4	120,8	108,8	0,0145
2,7	5,726	5,10	0,305				
2,8	6,157	5,49	0,284				
2,9	6,605	5,89	0,265				

[1]) Nach Angaben des »Heddernheimer Kupferwerkes«, vormals Hesse Söhne.

Isolierte Leitungen werden allgemein aus weichem Kupferdrahte hergestellt, dessen Zugfestigkeit nur etwa 24 *kg* für 1 *qmm* beträgt. Wie schon früher erwähnt, kann bis etwa 16 *qmm* ein starrer Draht verwendet werden, während man von 25 *qmm* an durchweg, und auch für schwächere Leitungen vielfach, aus mehreren Drähten verseilte Litzen benutzt.

Von den zahlreichen Arten der Isolierungen kommen in den gewöhnlichen Beleuchtungsanlagen für Parallelschaltung der Lampen, in welchen die Betriebsspannung unter 250 Volt liegt, die im folgenden beschriebenen am häufigsten zur Verwendung:

Isolierung für trockene Räume (Fig. 254). Der Kupferleiter ist mit Baumwolle doppelt umsponnen, dann mit Baumwollgarn umklöppelt und mit



Fig. 254.

Asphaltmischung, Erdwachs oder einem anderen geeigneten Imprägniermateriale getränkt. Eventuell erhält die umsponnene Leitung auch vor Anbringung der Umklöppelung schon eine Tränkung.[1])

Flammsichere Isolierung für trockene Räume. Der Kupferleiter besitzt eine doppelte Umspinnung mit Baumwolle, welche entweder asphaltiert oder feuersicher imprägniert ist, darüber eine Umklöppelung von Baumwollgarn, die mit einer feuersicheren Imprägniermasse getränkt ist. Auch kommt hier und da Asbestgespinst zur Umhüllung derartiger Leitungen zur Anwendung.[1])

Leitung für mässig feuchte Räume. Der Kupferdraht ist verzinnt, mit Paragummiband dicht umwickelt, mit Baumwolle einfach oder doppelt umsponnen, mit Baumwollgarn oder Hanf umklöppelt und mit einer geeigneten Imprägniermasse (Asphaltmischung, Ozokerit) getränkt (Fig. 255). Oder: Der



Fig. 255.

Kupferdraht oder die Kupferlitze ist mit Baumwolle einfach umsponnen, darüber mit Paragummiband dicht umwickelt, nochmals mit Baumwolle besponnen, dann mit Baumwollgarn umstrickt und mit Imprägniermasse getränkt (Fig. 256).



Fig. 256.

Leitung für sehr feuchte Räume. Der verzinnte Kupferleiter ist mit vulkanisiertem Gummi nahtlos umpresst, darüber mit gummiertem Baumwollband umwickelt, mit Baumwollgarn umklöppelt und asphaltiert oder gewachst (Fig. 257). Für denselben Zweck können auch Leitungen benutzt werden,



Fig. 257.

welche an Stelle der Umpressung mit vulkanisiertem Kautschuk eine solche mit Guttapercha besitzen. Doch kommen diese seltener zur Verwendung, teils wegen des hohen Preises der Guttapercha, besonders aber weil diese schon bei etwa 30° C weich zu werden beginnt.

Doppelleitungen zur festen Verlegung auf kürzere Strecken, besonders in Zimmern. Die Kupferleiter, welche je aus einer Anzahl dünner

[1]) Diese Isolierung lässt die neueste Fassung der Sicherheitsvorschriften des »Verb. d. El.« selbst in trockenen Räumen nicht mehr zu.

Drähte (von nicht über 0,3 *mm* Durchmesser) bestehen, sind jeder mit Baumwolle einfach umsponnen, mit Paragummiband dicht umwickelt und nochmals mit Baumwolle besponnen. Je zwei solche Leitungen sind dicht nebeneinander gelegt und mit Baumwolle oder Glanzgarn gemeinsam umklöppelt. (Fig. 258).



Fig. 258.

Oder: Jede in der angegebenen Weise isolierte Kupferlitze ist für sich mit farbigem Baumwollgarn oder mit farbiger Seide umklöppelt und zwei derartige Leitungen sind dann miteinander verseilt. (Fig. 259).

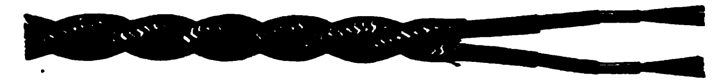


Fig. 259.

Zwillingsleiter zum Einziehen in Isolierröhren (vergl. 132). Zwei verzinnte Kupferlitzen, welche jede für sich mit Okonit oder mit vulkanisiertem Gummi nahtlos umpresst ist, sind dicht nebeneinander gelegt, gemeinsam mit Baumwollgarn umklöppelt und mit Asphalt, Wachs oder dergl. getränkt. (Fig. 260).

Leitungen für besondere Zwecke: Biegsame Doppelschnüre als Zuleitungen für beweglich angebrachte Glühlampen. Hierzu dienen die



Fig. 260.

oben beschriebenen und Fig. 259 abgebildeten, farbig umklöppelten Doppelleitungen. Die Kupferlitze jedes Leiters besteht gewöhnlich aus Drähten von 0,2 *mm* Durchmesser.

Leicht biegsame Zuleitungskabel für Bogenlampen, die im Freien installiert sind. Ein Kupferseil, welches aus Drähten von nicht über 0,5 *qmm* Querschnitt besteht, ist mit Baumwolle einfach besponnen, mit Paragummiband dicht umwickelt, nochmals mit Baumwolle besponnen, mit Baumwollgarn umklöppelt und mit einer geeigneten Imprägniermasse gut getränkt. Oder: Das verzinnte Kupferseil ist mit vulkanisiertem Gummi nahtlos umpresst, mit gummiertem Baumwollband umwickelt, mit Baumwollgarn umklöppelt und getränkt.

Die sogenannten Maschinenkabel dienen als Verbindungsleitungen zum Anschluss von Dynamomaschinen, sowie für ähnliche Zwecke, wo bei erheblichem Kupferquerschnitte grosse Biegsamkeit gewünscht wird, weil die zu verbindenden Teile öfters verstellt und die Verbindungen auch häufig gelöst und wieder hergestellt werden. Es sind Kupferseile, aus Drähten von nicht über 1 *qmm* Querschnitt bestehend, welche mit Baumwolle mehrmals umsponnen oder aber mit gummiertem Bande umwickelt und dann mit gezwirnter Baumwolle oder einem noch festeren Materiale umklöppelt sind.

Doppeladriges Aufzugseil für Bogenlampen besteht aus einem Stahldrahtseile und zwei parallel dazu liegenden, gut (z. B. nach Fig. 256) isolierten Kupferlitzen. Alle drei Teile sind dann gemeinsam mit Baumwollgarn umklöppelt, sodass der Querschnitt des fertigen, flachen Seiles ein Oval bildet. Der Querschnitt des Stahlseiles und der der Kupferleiter richtet sich nach dem Gewichte bezw. der Stromstärke der aufzuhängenden Bogenlampe. Die Rollen, über welche derartige Seile laufen, dürfen nicht unter 100 *mm* Durchmesser haben.

Die Konstruktion der Bleikabel, welche in Einzelanlagen nur ausnahmsweise zur Verwendung kommen, wurde schon S. 328 beschrieben.

Da die zahlreichen z Z. bestehenden Fabriken alle im vorstehenden beschriebenen Formen von Leitungen für die Installation elektrischer Beleuchtungsanlagen ziemlich gleichartig herstellen, so können tabellarische Angaben über die Erzeugnisse der einzelnen Firmen füglich wegbleiben.

Bezüglich der Art der Fabrikation aller beschriebenen und noch anderer Leitungen sei auf H. Wietz, »Die isolierten elektrischen Leitungsdrähte und Kabel«, Leipzig 1897, verwiesen.

Verlegung der Leitungen.

127. Über die Art und Weise, wie Leitungen für elektrische Starkströme bei Spannungen von nicht über 250 Volt unter den verschiedenen vorkommenden Verhältnissen zu verlegen sind, existiert eine ganze Anzahl von gedruckten Vorschriften. Wir nennen diejenigen der Magdeburger Feuerversicherungs-Gesellschaft,[1]) die des elektrotechnischen Vereins in Wien,[2]) der Feuerversicherungs-Gesellschaft »Phönix« in London,[3]) die »Vorsichtsbedingungen für elektr. Licht- und Kraftanlagen« des »Verb. deutsch. Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften«, sowie solche von den Verwaltungen mehrerer Elektricitätswerke (Zentralanlagen) in deutschen Städten. Hierzu sind nun 1895 die mehrfach erwähnten »Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen« des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« hinzugekommen. Da diese sich in Deutschland allgemein eingebürgert haben, auch bereits von Behörden vorgeschrieben werden, so beanspruchen sie ein besonderes Interesse und sind deswegen am Schlusse dieses Buches abgedruckt.

Die verschiedenen erwähnten Vorschriften berücksichtigen zum Teil ausführlich die Einzelheiten der technischen Ausführung eingehender, als es hier geschehen kann. Einige allgemeine Gesichtspunkte kehren in allen wieder, nämlich: Die Leitungen sollen so sorgfältig verlegt sein, dass eine zufällige, mutwillige oder durch Unachtsamkeit geschehende metallische Verbindung oder Berührung zwischen zwei Leitungen und daraus entstehende Feuersgefahr so gut wie ausgeschlossen ist. Ferner sollen alle Leitungen in Innenräumen wenn möglich so liegen, dass sie leicht nachgesehen werden können, also möglichst in ihrem ganzen Verlaufe sichtbar. Werden dieselben infolge Verlegens unter Fussböden und Decken, Wandverputz oder Getäfel dem Auge ganz entzogen, so ist es nicht möglich, sie im Falle einer Störung schnell abzusuchen, und die Beseitigung des Fehlers beansprucht längere Zeit. Unter allen Umständen jedoch sollen die Leitungen, auch wenn sie zum Teil verdeckt verlegt sind,

[1]) Siehe Vademecum f. Elektrotechniker, 7. Jahrg., S. 250.
[2]) ETZ 1899, S. 460.
[3]) In's Deutsche übersetzt von Dr. O. May, Leipzig 1891.

überall zugänglich bleiben, sodass es möglich ist, jeden Teil ohne viel Umstände zu reparieren, zu entfernen und durch einen neuen zu ersetzen.

Die folgenden Angaben über die Art der Leitungsverlegung in den verschiedenen häufiger vorkommenden Fällen entsprechen den z. Z. hierüber herrschenden Anschauungen, wie dieselben auch den erwähnten Veröffentlichungen, insbesondere den Vorschriften des »Verbandes deutscher Elektrotechniker«, zu Grunde gelegt sind.

Luftleitungen aus blankem Kupfer, welche an Porzellanglocken auf Stangen geführt werden, sollen sich mindestens 5 *m* über dem Erdboden befinden. Jeder Draht (bezw. Drahtseil) soll vom nächsten mindestens 40 *cm* entfernt sein, wenn derselbe senkrecht darüber oder darunter, und mindestens 30 *cm*, wenn die Leitungen horizontal nebeneinander liegen. Dabei ist vorausgesetzt, dass die einzelnen Stützpunkte des Drahtes, mit Rücksicht auf die geringe Festigkeit des Kupfers, welche keine so hohe Spannung wie bei den eisernen Telegraphendrähten zulässt, nicht weiter als 40 bis 50 *m* voneinander entfernt sind. Beträgt die Spannweite nicht über 6 *m*, so kann der Abstand benachbarter Leitungen bis auf 20 *cm* vermindert werden. Von benachbarten Gebäuden müssen blanke Freileitungen so weit entfernt bleiben, dass sie von den Fenstern aus mit der Hand nicht erreicht werden können, also mindestens 1,5 *m*. Grösserer Abstand ist jedoch vorzuziehen.

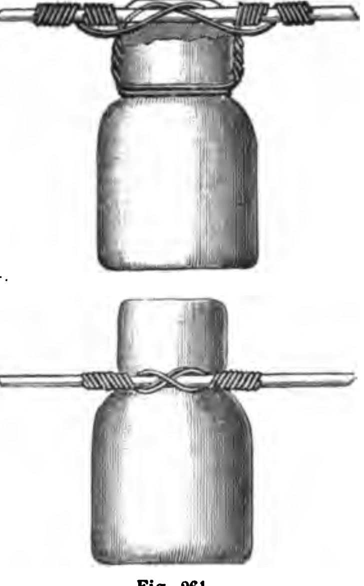


Fig. 261.

Im übrigen sind für die Verlegung derartiger Leitungen dieselben Gesichtspunkte massgebend wie für die Telegraphenleitungen. Die Befestigung des Drahtes an Porzellan-Doppelglocken geschieht, je nachdem der in gerader Linie laufende Draht oben auf dem Isolator oder, bei Führung in Winkeln, seitlich an demselben liegt, auf die eine oder die andere der beiden in Fig. 261 gezeichneten Arten, mittels weichen Bindedrahtes aus Kupfer von 1 bis 2 *mm* Durchmesser, je nach der Stärke der Leitung. Drahtverbindungen werden bei Einzeldrähten am besten in Form der bekannten sogen. Wickellötstelle (Fig. 262)

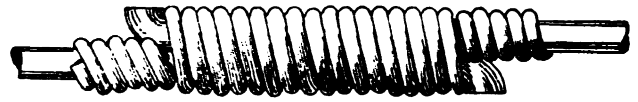


Fig. 262.

ausgeführt. Versuchsweise hat auch der Arld'sche Drahtbund von Dr. Schmidmer in Nürnberg Eingang gefunden. Bei diesem werden die beiden Drahtenden von entgegengesetzten Seiten in ein dünnes Bronzeröhrchen von ovalem Querschnitt eingesteckt, die Enden dieser Hülse mit zwei Hebelkluppen gefasst und die Hülse mit dem Drahte in axialer Richtung mehrmals verdreht (vergl.

Fig. 263). Dadurch entsteht eine innige Verbindung, deren innere Teile der Luft und der Feuchtigkeit unzugänglich sein sollen. Das Spannen der Leitungen geschieht, bei grösseren Längen, mittels eines kleinen Flaschenzuges, wobei der Draht durch eine Froschklemme gefasst wird. Auf die an längeren Luftleitungen anzubringenden Blitzschutzvorrichtungen soll an einer späteren Stelle eingegangen werden.

Werden blanke Leitungen in Hallen angebracht, in welchen man Porzellanglocken an der Dachkonstruktion und an den Wänden befestigen muss, so nimmt man die eisernen Isolatorstützen möglichst lang, damit die Leitung genügend weit von Eisen- oder Steinteilen, an welchen sie entlang läuft, absteht.

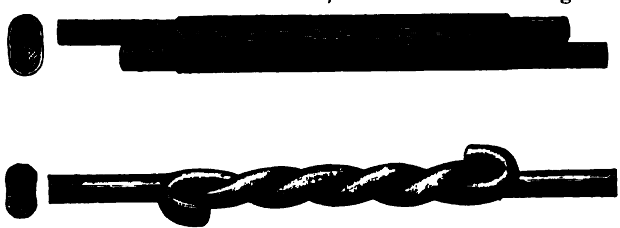


Fig. 263.

Je nach Grösse dieses Abstandes setzt man die Isolatoren so nahe zusammen, dass die Leitungen bei Schwingungen, in welche sie durch Wind oder Erschütterungen geraten, die genannten Teile oder sich untereinander nicht berühren können. Der geringste noch zulässige Abstand von Mauern ist, bei Spannweiten bis zu 6 *m* hinauf, 10 *cm*. Die Isolatorglocken dürfen nur in senkrechter Stellung angebracht werden, da anderenfalls Staub und Feuchtigkeit ins Innere derselben eindringen und ihr Isolationsvermögen bedeutend verringern.

Die »Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft« bringt eine ganze Anzahl von Formstücken in den Handel, durch welche die Installation blanker Freileitungen an Holz- oder Eisenmasten erleichtert und vereinfacht wird. Näheres siehe ETZ 1901, S. 635.

128. Verlegung an Porzellanrollen. Isolierte Leitungen pflegt man in trockenen oder mässig feuchten Innenräumen, in denen es nicht auf ein besonders gefälliges Aussehen oder auf möglichste Unsichtbarkeit der Leitung ankommt, an Porzellanrollen zu ziehen. Dies trifft also auf Innen-

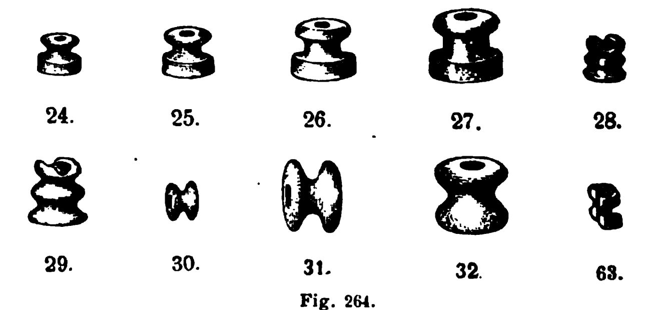


Fig. 264.

räume aller Art, mit Ausnahme von Wohnräumen, Restaurationen, Kaufläden, Theater-, Konzert- und Ballsälen, zu. Die Verlegung an Porzellanrollen wird infolgedessen von allen Arten der Leitungsführung für Räume im Innern von Gebäuden heutzutage am häufigsten angewendet.

In Fig. 264 ist eine Anzahl Formen von Porzellanrollen für verschiedene Zwecke abgebildet. Man befestigt sie entweder mittels Holzschrauben auf vor-

her eingegipsten Holzdübeln, oder verwendet, wie es jetzt vielfach geschieht, eiserne Dübel, die einen Quersteg tragen, auf welchen zwei oder mehr Porzellanrollen für die einzelnen Leitungsstränge in dem gewünschten Abstande schon von vornherein befestigt sind (Fig. 265). Derartige Eisendübel mit darauf befestigten Rollen sind in verschiedenen Formen fertig im Handel zu haben. In Fig. 266 sind unter No. 64 bis 84 eine Anzahl solcher Dübel samt Rollen abgebildet. Dieselbe Abbildung zeigt, unter No. 89 und 91, wie man beim Montieren einer grösseren Anzahl parallel laufender Leitungen die Porzellanrollen auf Flacheisen befestigt, die ihrerseits auf je zwei Dübeln angeschraubt werden.

Für die einzugipsenden Dübel sind verhältnismässig grosse Löcher erforderlich, deren Einhauen in die Wände ohne erhebliche Verunreinigung der betreffenden Räume nicht abgeht und zeitraubend ist. Aus diesen Gründen und um eine Befestigung der Porzellanrollen zu schaffen, die jederzeit ohne weitere Umstände wieder gelöst werden kann, hat J. Boeddinghaus in Düsseldorf sogenannte Spiraldübel eingeführt. Bei dieser Einrichtung wird die Holzschraube, mit welcher später die Porzellanrolle befestigt wird, in eine Spirale aus Draht eingeschraubt, die zu der Schraubengrösse genau passt und sich, dem Gewinde entsprechend, nach der einen Seite konisch verengt. Diese Drahtspirale ist von einer zweiten umgeben, welche weiter gewickelt ist als die innere. Sie besitzt nur etwa halb soviele Gänge als jene und weist zwischen den Windungen einen freien Zwischenraum auf, dessen Breite etwa gleich der Drahtdicke ist. Beide Spiralen sind aus einem und demselben Stück verzinkten Eisendrahtes gewickelt. Die Doppelspirale, samt der darin steckenden Holzschraube, wird in ein Loch von passender Grösse eingegipst. Während aber bei Anwendung gewöhnlicher Dübel für mittelgrosse Porzellanrollen Dübellöcher von mindestens 5 *cm* Weite und 10 *cm* Tiefe gehauen werden müssen, genügt für Spiraldübel in diesem Falle ein 5 *cm* tiefes und höchstens 2 *cm* weites Loch. Dieses lässt sich durch einen passend geformten Bohrer in wenigen Minuten herstellen. Während des Bohrens kann zum Auffangen des Staubes eine sogenannte Staubmulde unterhalb des zu bohrenden Loches mit kleinen Stiften angeheftet werden. Damit alsdann beim Gipsen die Wand nicht durch Gips oder Wasser verunreinigt werde, wird währenddessen ein Blechring auf die Öffnung gesteckt. Man füllt das angefeuchtete Loch mittels eines Spachtels vollständig mit Gips und drückt dann den zuvor in Gips eingetauchten Spiraldübel nebst darin steckender Holzschraube hinein. Der dabei herausquellende Gips wird abgestrichen, die Holzschraube nach dem Anziehen des Gipses herausgedreht, zum Schutze gegen Rost eingefettet und dann die Porzellanrolle angeschraubt. Die Porzellanrolle kann durch Herausdrehen der Schraube jederzeit wieder entfernt oder durch eine andere ersetzt werden. Fig. 267 zeigt einen Spiraldübel nebst zugehöriger Holzschraube, Fig. 268 einen fertig eingegipsten Spiraldübel nebst daran festgeschraubter Porzellanrolle. Bei Anwendung genügend grosser Spiralen können auch Porzellanglocken auf diese Art befestigt werden.



Fig. 265. Fig. 267. Fig. 268.

Nachdem die Porzellanrollen für den ganzen Leitungsweg befestigt sind, wird die Leitung mit weichem Kupferdrahte, von etwa 1 *mm* Durchmesser, an

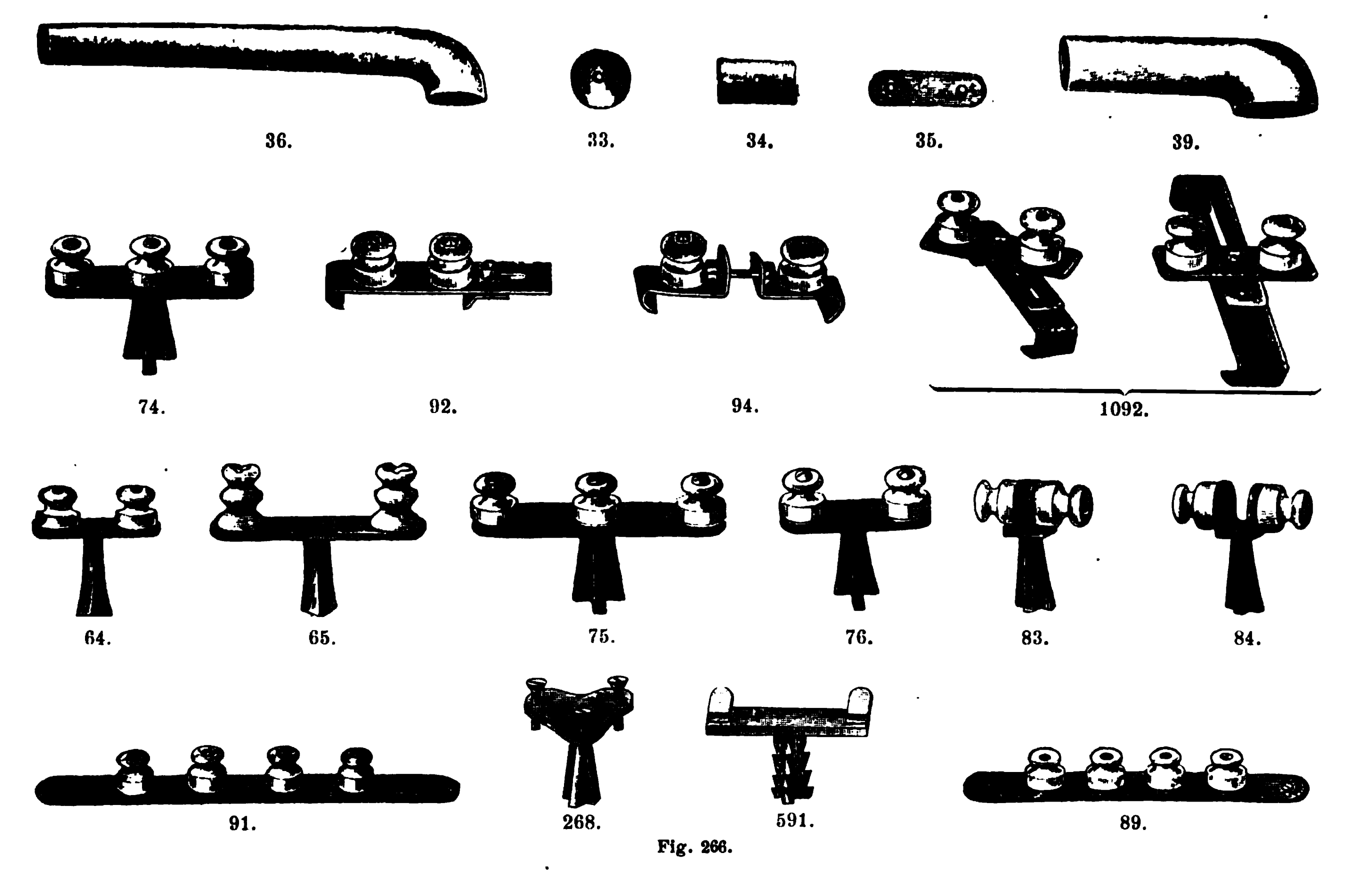


Fig. 266.

den Rollen angebunden, (Fig. 269) jedoch niemals darumgeschlungen. Vor Verletzungen der Isolierhülle durch den Bindedraht schützt man sie durch Umlegen von Leder- oder Gummistückchen, oder Polster aus mehrfach zusammengelegtem Isolierband. Während des Anbindens muss das Leitungsstück tunlichst auf eine grössere Länge mittels eines hierzu geeigneten kleinen Flaschenzuges gespannt werden. Der Abstand einer Leitung von der benachbarten sollte nicht unter 25 *mm*, der von der Wand nicht unter 10 *mm* betragen. An Abzweigstellen sind die ersten Porzellanrollen für die beiden abzuzweigenden Stränge dicht neben die Hauptleitung zu setzen, damit kein seitlicher Zug auf diese ausgeübt wird. Aus dem letzteren Grunde legt man die Abzweigstelle auch möglichst nahe an einen Befestigungspunkt der Hauptleitung. Setzt man die Rolle für den Zweigdraht, welcher die eine Hauptleitung überkreuzt, etwas höher, oder biegt das abzweigende Stück in einem Bogen von der Wand ab, so ist dadurch schon eine Berührung verhindert. Doch soll man die sich kreuzenden Teile noch besonders isolieren. Wo eine Leitung quer über eine andere hinwegzuführen ist, versieht man beide Stränge der überzuführenden zu beiden Seiten der Kreuzungsstelle mit Porzellanrollen, möglichst mit solchen von höherer Form (sogenannten Kreuzungsknöpfen, Fig. 264, No. 29), und führt die Drähte oder Kabel in mehreren Zentimetern Abstand im Bogen über die untere Leitung. Oder man befestigt die untere Leitung ebenfalls an den Kreuzungsknöpfen, an

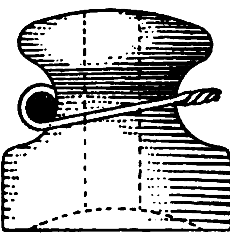


Fig. 269.

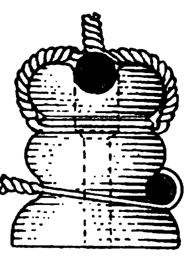


Fig. 270.

der untersten Rinne derselben, während die obere Leitung oben auf dem Knopfe liegt (Fig. 270). Damit in diesem Falle die Bindedrähte der beiden Leitungen sich nicht berühren, besitzt der Kreuzungsknopf für den Bindedraht der oberen Leitung noch eine besondere Rinne. Zur grösseren Sicherheit kann man über alle sich kreuzenden Teile noch besondere Isolierstücke aus Hartgummi, Papierrohr oder dergl. schieben. Man kann auch die Porzellanrollen für die überzuführende Leitung, welche zunächst der Kreuzungsstelle sitzen, mittels besonderer Dübel so hoch von der Wand aus anbringen, dass eine Berührung, auch ohne sonstige Vorkehrungen, nicht möglich ist.

Die Grösse der in jedem Falle zu verwendenden Porzellanrollen richtet sich nach dem Querschnitte der Leitung. Der Abstand der zu einer und derselben Leitung gehörenden Rollen soll auf gerader Leitungsstrecke nicht über 80 *cm* betragen. An Ecken u. s. w. sind soviele Isolierrollen zu verwenden, dass die Leitung mit Sicherheit fest- und zugleich von Mauern und benachbarten Leitungen in dem vorgeschriebenen Abstande gehalten wird. Bei Umführung um vorspringende Ecken bringt man auf der Ecke selbst Porzellanknöpfe der in Fig. 264, No. 28, abgebildeten Form oder sogenannte Eckrollen mit rechtwinklig eingeschnittener Basis an, in deren oberste Nut man die Leitung hineinlegt. An Aussenwänden, die der Witterung ausgesetzt sind, dürfen Porzellanrollen niemals verwendet werden, auch wenn die Leitungen gut isoliert sind, sondern ausschliesslich Porzellanglocken.

Auch zur Verlegung von Litzen-Doppelleitungen in Wohnräumen werden jetzt häufig Porzellanrollen verwendet. Zur Befestigung an diesen werden die beiden Litzen der Doppelleitung soweit auseinander gedrückt, dass eine Öse

entsteht, welche man um die Rolle legt. Die Verdrillung der Litzen vor und hinter der Rolle hält die Leitung einigermassen fest, doch muss sie an einigen Stellen in soliderer Weise befestigt werden. Darum ist die Verlegung von Doppellitzen an Porzellanklemmen (vergl. unten), weil zuverlässiger, vorzuziehen.

131. Verlegung mittels Klemmen aus Porzellan. Statt Porzellanrollen werden hier und da auch Doppelklemmen aus Porzellan zum Befestigen der Leitungen an den Wänden benutzt. Sie bestehen aus zwei Teilen. Die Leitung liegt auf dem unteren auf und wird durch das obere Stück, das durch eine oder zwei Holzschrauben aufgepresst wird, festgehalten. Damit die Leitungsstränge unverrückt in dem richtigen Abstande voneinander bleiben, sind beide Teile der Klemme, oder auch allein der obere, mit passenden Nuten versehen (Fig. 271). Durch die Holzschrauben, welche die beiden Klemmenteile zusammenziehen, wird gleichzeitig die ganze Klemme auf eingegipsten Holzdübeln befestigt. Zum Schutze gegen Verletzung umwickelt man an den Klemmstellen die Leitungen mit Isolierband oder Kautschuk. Derartige Klemmen müssen die isolierten Leitungen in mindestens 25 *mm* Entfernung voneinander und in mindestens 10 *mm* Abstand von der Wand halten. Hier und da werden

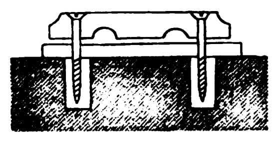


Fig. 271.

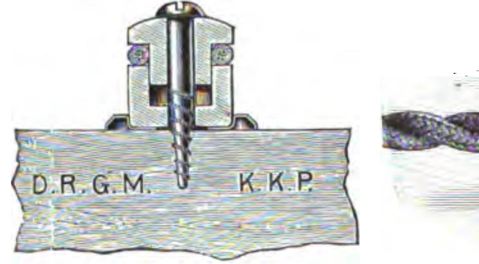


Fig. 272.

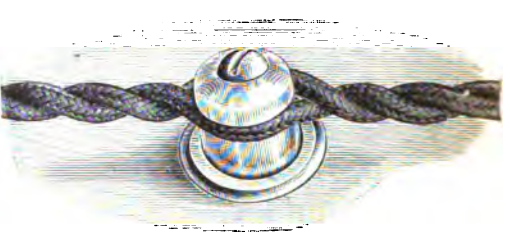


Fig. 273.

auch runde Porzellanklemmen zum Festklemmen von Doppellitzen benutzt. Bei diesen besitzt das Unterteil zwei Nuten, in welche die auseinander gedrehten beiden Litzen eingelegt und durch Aufdrücken des Oberteiles vermittels einer durchgesteckten Holzschraube, die zugleich das Ganze an einem Holzdübel befestigt, festgepresst werden.

Eine dem gleichen Zwecke dienende, recht praktische Form ist die Klemmrolle von Peschel. Sie besteht, wie aus der Schnittfigur Fig. 272 ersichtlich, aus zwei Teilen. In den ringförmigen Zwischenraum zwischen beiden werden die auseinander gebogenen beiden Litzen der Doppelleitung eingelegt und durch Anziehen der Holzschraube festgeklemmt. Das Ganze ist auf einen untergelegten Messingring aufgesetzt und wird auf einem Dübel befestigt. Bei dem kleineren Modell dieser Klemmrolle beträgt der äussere Durchmesser nur etwa 14 *mm*, die Höhe, nebst untergeklemmter Leitung, etwa 15 *mm*. Fig. 273 zeigt die fertig montierte Klemme nebst Leitung.

Es ist zulässig, um offen verlegten Leitungen die Farbe der Wand zu geben, an welcher sie sitzen, dieselben mit einem Anstrich zu versehen. Doch darf dieser nur mit Ölfarbe geschehen, da durch Kalkfarbe erwiesenermassen die Isolierschichten angefressen werden.

132. Verlegung in Papierröhren (System Bergmann). Seit 1891 ist durch die Firma S. Bergmann & Co. (jetzt »Bergmann's Elektricitätswerke«) in Berlin ein zuerst in Nordamerika angewendetes Installationssystem für elektrische Leitungen in Deutschland eingeführt worden, das ausschliesslich für Innenräume, besonders auch für Wohnräume bestimmt ist.

Zweck dieser Verlegungsart ist, die Leitungen möglichst unauffällig zu machen, sie gegen Feuchtigkeit und mechanische Verletzungen zu schützen, sowie Feuers-

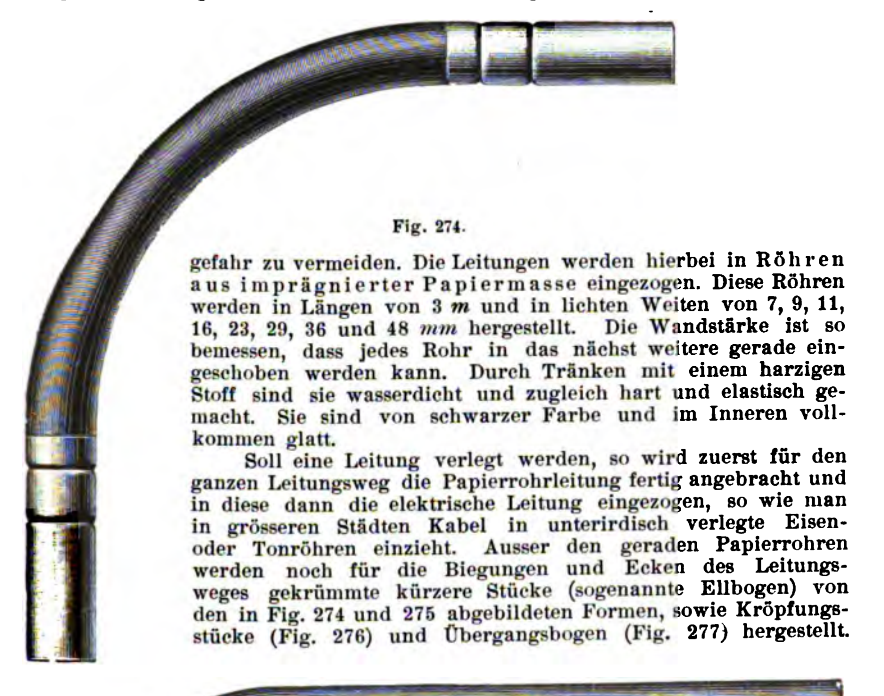


Fig. 274.

gefahr zu vermeiden. Die Leitungen werden hierbei in **Röhren aus imprägnierter Papiermasse** eingezogen. Diese Röhren werden in Längen von 3 *m* und in lichten Weiten von 7, 9, 11, 16, 23, 29, 36 und 48 *mm* hergestellt. Die Wandstärke ist so bemessen, dass jedes Rohr in das nächst weitere gerade eingeschoben werden kann. Durch Tränken mit einem harzigen Stoff sind sie wasserdicht und zugleich hart und elastisch gemacht. Sie sind von schwarzer Farbe und im Inneren vollkommen glatt.

Soll eine Leitung verlegt werden, so wird zuerst für den ganzen Leitungsweg die Papierrohrleitung fertig angebracht und in diese dann die elektrische Leitung eingezogen, so wie man in grösseren Städten Kabel in unterirdisch verlegte Eisen- oder Tonröhren einzieht. Ausser den geraden Papierrohren werden noch für die Biegungen und Ecken des Leitungsweges gekrümmte kürzere Stücke (sogenannte Ellbogen) von den in Fig. 274 und 275 abgebildeten Formen, sowie Kröpfungsstücke (Fig. 276) und Übergangsbogen (Fig. 277) hergestellt.

Fig. 275.

Auch ist es möglich, Biegungen von geringerer Krümmung in den geraden Röhren selbst anzubringen. Man hat nur nötig, die betreffende Stelle anzuwärmen. Dadurch wird die Imprägniersubstanz so weit erweicht, dass das Rohr sich etwas biegen lässt. Nach dem Erkalten bleibt die Biegung dauernd.

Zur **Verbindung** der geradlinigen Rohre (von gleicher Stärke) untereinander, sowie mit den vorgenannten gekrümmten Stücken dienen, sofern die Bindestellen im Zuge einer und derselben Leitung liegen, kurze Stücke aus dünnwandigem, vernickeltem Messingrohr. Die eventuell mit einer kleinzähnigen Säge gerade abgesägten und vom Grate befreiten Enden der Papierröhren werden, nachdem das Messingröhrchen übergeschoben ist, dicht zusammengeschoben, sodass der Stoss sich möglichst in der Mitte des Röhrchens befindet. Das letztere wird dann an vier Stellen gewürgt, wodurch es fest an die Papierrohre angepresst wird. Auf jedes der beiden Rohrenden kommen zwei Würgungen. Fig. 278 zeigt eine so hergestellte Verbindungsstelle. Die Würgung wird, und zwar jedesmal an

zwei Stellen zugleich, mittels der in Fig. 279 abgebildeten Zange ausgeführt. Die Verbindung ist eine nahezu luftdichte. Will man sie vollkommen luftdicht haben, so hat man nur nötig, die Enden der Papierrohre vor dem Einschieben in die Metallmuffe gelinde zu erwärmen. Die messingenen Verbindungsmuffen kommen bis zu einer Rohrweite von 23 *mm* bei offener Verlegung der Rohre in trockenen Räumen zur Verwendung.

Bei Verlegung der Isolierröhren unter den Wandverputz und bei offener Verlegung in solchen Räumen, wo die Luft mit Säuredämpfen, Ammoniak und dergl. geschwängert ist, so wie bei allen Rohren von mehr als 29 *mm* lichter Weite, geschieht die Verbindung durch Muffen aus Isoliermaterial (Fig. 280). Bei diesen fällt die Würgung durch Zangen fort und man bewirkt die Dichtung durch Erwärmung der Rohrenden und Muffen unter Anwendung eines besonderen Verbindungkittes.

Die Verlegung der Papierrohre kann sowohl aussen auf die Wände als auch unter den Verputz geschehen.

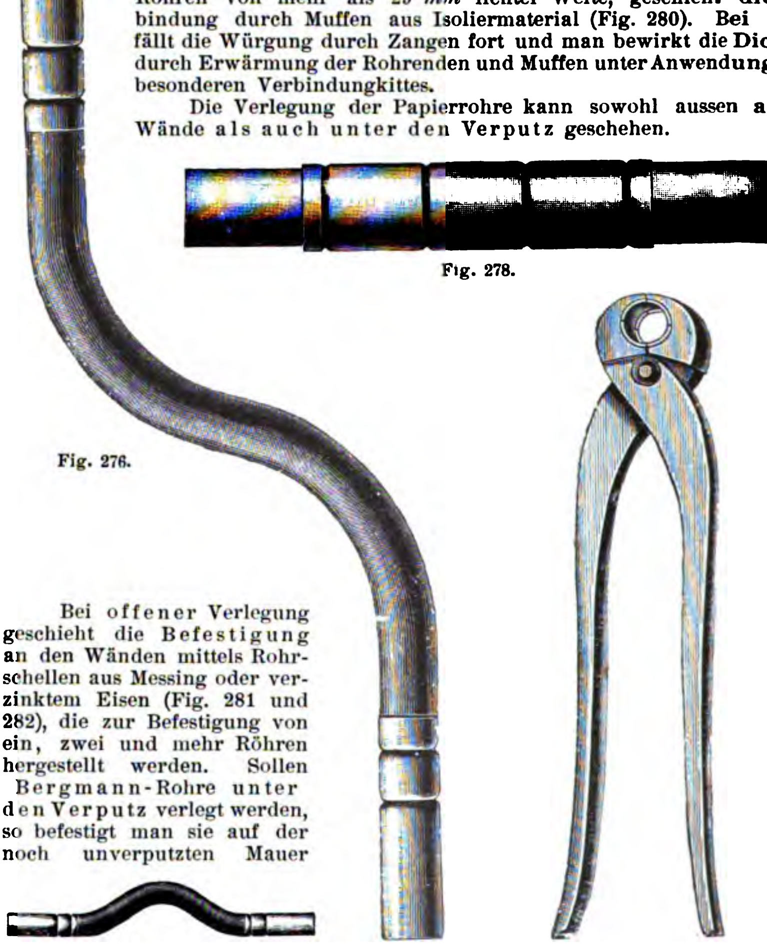


Fig. 278.

Fig. 276.

Bei offener Verlegung geschieht die Befestigung an den Wänden mittels Rohrschellen aus Messing oder verzinktem Eisen (Fig. 281 und 282), die zur Befestigung von ein, zwei und mehr Röhren hergestellt werden. Sollen Bergmann-Rohre unter den Verputz verlegt werden, so befestigt man sie auf der noch unverputzten Mauer

Fig. 277.

Fig. 279.

mittels des Eisendrahtbundes (Fig. 283). Dieser wird mittels eines flachköpfigen Drahtstiftes auf einer Mauerfuge oder auf einem Holzdübel befestigt, und seine beiden Enden werden um das Rohr geschlungen. Nach Fertigstellung der elektrischen Leitungen wird die Wand verputzt, jedoch, bei Verwendung ge-

wöhnlicher Papierrohre, nicht mit Zement, da dieser die Rohre angreift. Bei offener Verlegung sollen die Rohrschellen da, wo die Leitung in gerader Linie läuft, in Abständen von 50 *cm* voneinander angebracht werden. Nur da, wo sich die genannten Hilfsmittel nicht gut anbringen lassen, kann die Befestigung



Fig. 280.

der Rohre auch durch die gewöhnlichen Krampen (Doppelstifte) geschehen. Damit das Rohr nicht durch allzu starkes Einschlagen der Krampen beschädigt

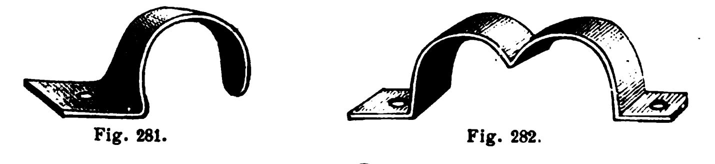


Fig. 281. Fig. 282.

Fig. 283.

werde, werden die letzteren dabei durch ein besonderes, in Fig. 284 abgebildetes Setzeisen gefasst, das ein zu tiefes Eintreiben verhindert.

In Räumen mit metallangreifenden Dämpfen geschieht die Befestigung der Rohre mittels besonderer Rohrschellen aus Porzellan.

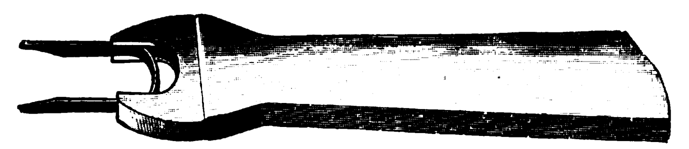


Fig. 284.

Um in ein Rohrsystem aus Bergmann-Röhren die elektrischen Leitungen einziehen und sie später eventuell auch auswechseln, oder zum Zwecke der Beseitigung von Fehlerstellen herausnehmen zu können, muss die Rohrleitung, einerlei, ob sie über oder unter dem Verputze liegt, stets zugänglich bleiben. Dies wird dadurch erreicht, dass man sie an einer Anzahl von Stellen offen lässt. Den Öffnungen gibt man die Form von Dosen, in welche die Röhren einmünden. Durch die Dosen wird das Rohrnetz in eine Anzahl Unterabteilungen zerlegt. Sie werden besonders an den Stellen angebracht, an welchen von einer Leitung eine Abzweigung abgeht (Fig. 285 zeigt eine für diesen Zweck bestimmte Dose), oder wo die Leitung sich gabelförmig in zwei Zweige teilt (Fig. 287, No. 5), oder wo eine Leitung endet (Fig. 287, No. 1). Im Falle eine solche Dose für keinen weiteren als einen der genannten Zwecke bestimmt ist, wird sie durch einen Messingdeckel (Fig. 286) geschlossen, der durch Bajonettverschluss festgehalten wird. Die Dose selbst besteht aus starker Papiermasse und ist mit Metallrand

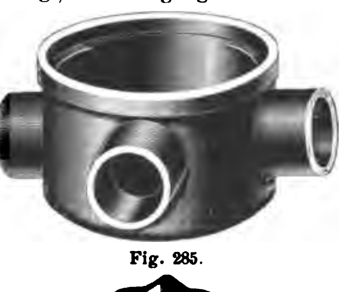


Fig. 285.

Fig. 286.

versehen. Ihr äusserer Durchmesser beträgt bei Leitungen, wie sie in Wohnräumen verlegt werden, 55 oder 78 *mm*, die Höhe etwa 27 *mm*. Bei Verlegung der Leitungen im Wandverputz liegt auch die Dose in demselben, und nur der Deckel ragt etwas darüber hervor. Wie aus den Abbildungen ersichtlich, sitzen an den Dosen kurze Rohrstutzen. In diese werden die Enden der Leitungsrohre so weit eingeschoben, dass sie mit der Innenwandung der Dose abgleichen, und diese Stellen dann mittels eines besonderen, durch Erwärmen flüssig gemachten Kittes abgedichtet. Wie aus Fig. 287 ersichtlich,

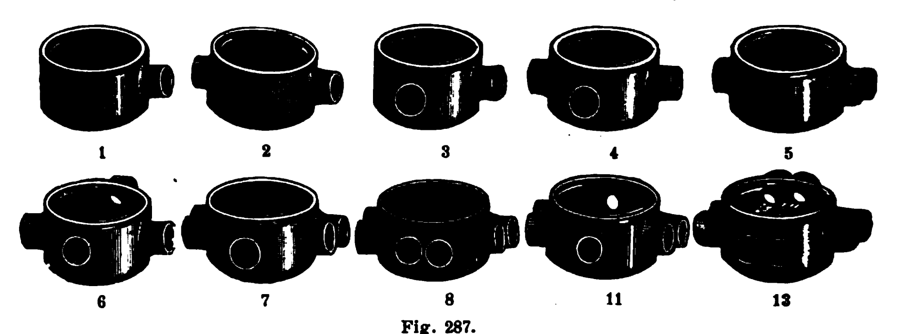
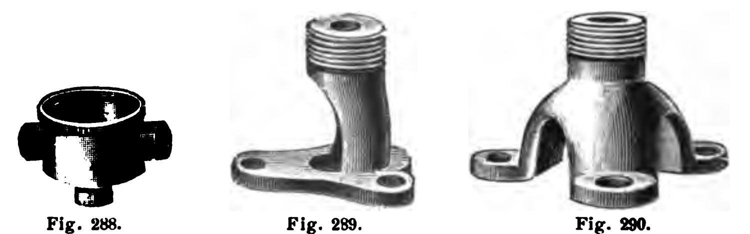


Fig. 287.

kommt eine grössere Anzahl verschiedener Dosenformen, mit bis zu 8 Rohransätzen, zur Verwendung. Die unter No. 2 abgebildete Form, welche zwei einander diametral gegenüberstehende Ansätze besitzt, dient zum Einschalten in längere Leitungen mit zahlreichen Krümmungen, um dieselben in leichter zugängliche Unterabteilungen zu zerlegen (sogenannte Zwischendose).

Ausser den in Fig. 287 dargestellten Formen der Dosen werden für besondere Zwecke noch eine ganze Anzahl weiterer hergestellt, u. a. Abzweigdosen mit Mauerdurchführung (Fig. 288).

Diese Dosen können weiter zum Befestigen leichterer Beleuchtungskörper dienen. Zu diesem Zwecke wird in der Dose ein solides gusseisernes Befestigungsstück von der Form Fig. 289 oder Fig. 290 durch den Boden derselben in die


Fig. 288. Fig. 289. Fig. 290.

Wand eingeschraubt. An das Gewinde dieses Stückes lässt sich ein mit Metallfassung versehenes Papierrohr anschrauben, das durch den Dosendeckel hindurchgeht und den Beleuchtungskörper oder eine einfache Lampe trägt. Fig. 291 zeigt einen so hergestellten einfachen Wandarm, nebst dem Deckel der Dose. Das Papierrohr des Armes ist in ein dünnes Messingrohr eingeschoben. In Fig. 292 ist eine Dose abgebildet, welche zum Aufhängen einer Lampe an der Decke vorgerichtet ist. Das senkrecht herabgehende Papierrohr ist hier mit seiner Metallfassung einfach in ein am Dosendeckel angebrachtes Muttergewinde eingeschraubt.

Die Dosen eignen sich endlich auch zur Aufnahme kleinerer Ausschalter. Diese werden für Maximalstromstärken bis 10 Ampère (vergl. Abschnitt V) ausgeführt. Ihre Form ist derart, dass sie ohne weiteres in die Dosen eingesetzt werden können.

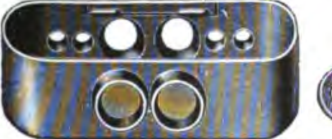
Ferner werden die sogenannten Abzweigdosen zur Aufnahme von Schmelzsicherungen (s. Abschnitt V) eingerichtet. Zu diesem Zweck wird ein rundes Porzellanstück, das die erforderlichen Metallteile trägt, in die Dose eingesetzt. Sicherungen und Ausschalter dieser Art sind im V. Abschnitte abgebildet.

An Stellen, an welchen von einer Hauptleitung eine grössere Anzahl Zweige abgehen, z. B. in mehrstöckigen Gebäuden da, wo von der von unten kommenden Steigleitung mehrere dünnere Leitungen nach den verschiedenen Räumen eines Stockwerkes abzweigen, bringt man statt



Fig. 291.

einer Dose einen grösseren Verteilungskasten an. Dieser besitzt eine grössere Anzahl Öffnungen mit Rohrstutzen. So zeigt der in Fig. 293 abgebildete Kasten zweimal zwei grössere Öffnungen für die durchgehende Steigleitung und vier kleinere für Zweigleitungen. Die Verteilungskästen sind, wie die Dosen, aus Papiermasse



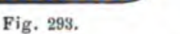


Fig. 293.



Fig. 294.

hergestellt und mit Metallrand versehen. Sie werden durch einen Messingdeckel von der Form Fig. 294 geschlossen. In jeden Kasten wird ein Einsatzstück aus Porzellanmasse eingesetzt und darin befestigt, das mit einer Anzahl Metallklemmen für die Enden der verschiedenen

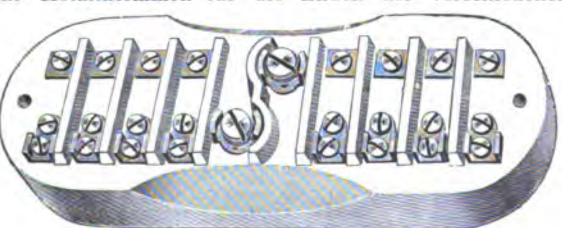


Fig. 295.

Leitungen versehen ist, sowie mit Vorrichtungen, um Schmelzstreifen zur Sicherung der Zweigleitungen (näheres hierüber bringt der folgende Abschnitt) einspannen zu können. Fig. 295 zeigt ein derartiges



Fig. 292.

Einsatzstück (in grösserem Massstabe als Fig. 293 gezeichnet), das in den Kasten Fig. 293 passt. Zwischen den einzelnen Klemmen sind Stege aus Porzellanmasse angebracht. Die Aussenmasse eines Verteilungskastens von der hier abgebildeten Form, für gewöhnliche Hausinstallationen, sind 225:100:50 *mm*. Es wird ausserdem noch eine grosse Zahl anderer Formen hergestellt.

Als elektrische Leitungen, welche zum Einziehen in die Röhren bestimmt sind, verwendet man, soweit es sich nicht um Hauptleitungen von grösserem Querschnitte handelt, leicht biegsame Doppelkabel, sogenannte Zwillingsleiter. Diese bestehen aus zwei parallel nebeneinander laufenden Litzen aus je 7 Kupferdrähten. Jede Litze ist für sich mit einer möglichst vollkommenen Isolierung (z. B. durch umgepressten Kautschuk oder Okonit) ver-



Fig. 296.

sehen, dann mit gummiertem Baumwollband umwickelt. Dann sind beide Leiter zusammen mit imprägnierter Baumwolle oder Jute umklöppelt. Diese Zwillingsleiter (Fig. 296) werden in Kupferquerschnitten von 1, 1,5, 2,5, 4, 6 und 10 *qmm* pro Leitung hergestellt und sollen mit nicht mehr als etwa 2,5 Ampère pro 1 *qmm*

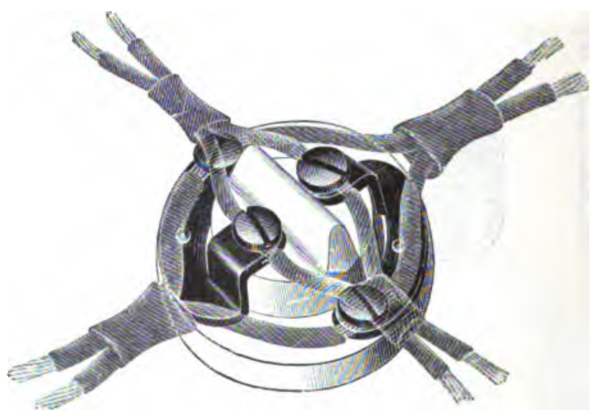


Fig. 297.

beansprucht werden. Für grössere Querschnitte verwendet man einzelne Kabel, die, jedes für sich, in ein besonderes Isolierrohr eingezogen werden. Solche brauchen dann keine Gummi-Isolierung zu besitzen, da das Papierrohr als eine weitere Isolierhülle hinzukommt.

Wo an einer Zwillingsleitung eine Abzweigung ohne Schmelzsicherung angebracht werden soll, zieht man die durchlaufende Leitung aus der Dose etwas heraus und entfernt die äussere Umklöppelung auf eine Länge von etwa 50 *mm*. Dann werden beide Leiter auseinander gebogen, die Gummiisolierung auf etwa 20 *mm* entfernt, die beiden blanken Enden der abzuzweigenden Leitung um die ersteren gewunden und mit ihnen verlötet. Zum Schluss werden die blanken Stellen jedes Leiters für sich sorgfältig mit schmalem Isolierband umwickelt.

Zur Vermeidung des mühsamen Lötens und Isolierens werden neuerdings meist sogenannte Abzweigscheiben (Fig. 297) verwendet. Diese enthalten auf einer runden, in die Dose einzusetzenden Porzellanscheibe vier paarweise ver-

bundene Metallklemmen, unter welche die ihrer Isolierung entkleideten Teile der Zwillingsleitungen festgeklemmt werden. Bei der abgebildeten Scheibe sind zwei Seitenstränge von einer Hauptleitung abgezweigt. Noch bequemer ist die Benutzung sogenannter Schaltdosen. Diese machen die Abzweigscheibe entbehrlich, da sie auf einem eingelegten Porzellanringe vier metallene Kontaktstücke mit je 3 Klemmschrauben enthalten, welche gestatten, die verschiedensten Verbindungen, Abzweigungen, Einschaltung von Schmelzstücken (s. Abschnitt V) ohne weiteres auszuführen.

Nachdem die zu einer Installation gehörige Papierrohrleitung fertig verlegt ist, können die elektrischen Leitungen eingezogen werden. Dies geschieht auf folgende Weise: Zunächst wird in das Röhrensystem etwas gepulverter Speckstein eingeblasen, der den Wänden grosse Glätte erteilt. Alsdann schiebt man ein etwa 5 *mm* breites, vorn mit einer kleinen Bleikugel versehenes Band

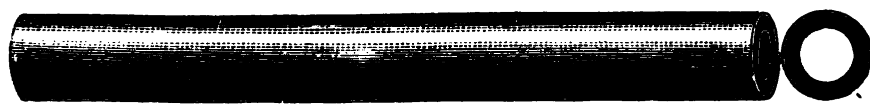


Fig. 298.

aus dünnem Krinolinenstahl von einer Dose aus in den Röhrenstrang hinein, bei welchem mit dem Einziehen begonnen werden soll. Bei der Elastizität und Härte des Stahlbandes ist es möglich, dasselbe von der Dose aus auf eine beträchtliche Strecke weiterzuschieben. Die Kugel gleitet leicht an den glatten Rohrwänden entlang und auch um Ecken herum. Die Reibung, welche das nachfolgende Band erleidet, ist durch das eingeblasene Specksteinpulver sehr vermindert. Es ist möglich, das Stahlband bis 18 *m* fortzuschieben in einer Rohrleitung, welche bis zu vier der in Fig. 274 abgebildeten Ellbogen enthält. Hiernach ist die Entfernung der einzelnen Dosen zu bemessen. Ist der Verlauf der Leitung derart, dass bis zum Ende einer Strecke, auf welche sich das Band im äussersten Falle schieben lässt, das Anbringen einer Dose zum Zwecke von Abzweigungen oder dergl. noch nicht erforderlich wird, so muss eine der oben erwähnten sogenannten Zwischendosen eingesetzt werden, welche lediglich dem Zwecke dient, das Einziehen der Drahtleitung zu ermöglichen. Nachdem die Kugel des eingeschobenen Stahlbandes an der nächsten Dose angelangt ist, wird am Ende desselben die einzuziehende Drahtleitung befestigt und durch Herausziehen des Bandes aus der zweiten Dose in die Rohrleitung eingezogen. Leitungen von grösserem Querschnitte zieht man nicht unmittelbar mit dem immerhin schwachen Stahlbande in die Röhren ein, sondern zieht mit dem letzteren zunächst eine Hanfschnur oder ein leicht biegsames Drahtseilchen hindurch, welche dann zum Einziehen des Kabels dienen.

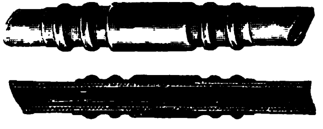


Fig 299.

Da, wie bereits erwähnt, manche Arten von Wandverputz eine ätzende Wirkung auf Papierrohre ausüben und diese so mit der Zeit beschädigen, so werden für die Verlegung unter Verputz, besonders unter Zementverputz, Bergmann-Rohre mit Metallüberzug hergestellt. Dies sind Papierrohre der beschriebenen Art, die auf ihrer ganzen Länge mit einem festhaftenden Überzug aus dünnem Messingblech umkleidet sind, der die Papiermasse vor dem Angriff durch den Verputz schützt (Fig. 298). Verbindungsstellen in derartigen Rohren erhalten die in Fig. 299 abgebildete Gestalt. Zu ihrer Herstellung wird zunächst von beiden zu verbindenden Rohrenden der Metallüberzug auf eine Länge von etwa 15 *mm* mittels eines Schneidrädchens entfernt. Nachdem dann auf beide Endstücke etwas geschmolzener Verbindungskitt aufgestrichen ist, wird eine Metallmuffe von der aus Fig. 299 ersichtlichen Form übergeschoben, sodass die Stossfuge möglichst genau in die Mitte der Muffe fällt, wie die Schnittfigur zeigt. Diese Muffe enthält in dem mittleren breiten und in den seitlichen vier schmalen Wülsten ebenfalls von dem erwähnten harzigen Kitt, der nun durch

Anwärmen der Muffe mittels einer Spiritusflamme flüssig gemacht wird und eine luftdichte Verbindung bewirkt. Der Anschluss der metallumkleideten Rohre an Dosen geschieht in ähnlicher Weise, durch Verkittung. Eine solche ist in wenigen Minuten ausgeführt.

Kürzere, besonders vorgerichtete Stücke aus Isolierrohr mit Metallüberzug werden auch zu Mauerdurchführungen hergestellt und können auch in Leitungsanlagen verwendet werden, die nicht nach dem Bergmann-System ausgeführt sind.

Seit einiger Zeit stellt die Firma S. Bergmann & Co. auch »Isolierrohre mit Stahlpanzer« her, d. h. gewöhnliche Papierröhren, welche von einem Stahlmantel von etwa $1^1/_2$ *mm* Wandstärke umgeben sind. Diese werden in Längen von 3 *m* und in lichten Weiten von 9, 11, 16 und 21 *mm* geliefert. Sie sind an beiden Enden mit Gewinde versehen und ihre Verbindung geschieht, genau wie bei den Gasrohren, durch Muffen, welche das erforderliche Muttergewinde enthalten (vergl. Fig. 300). Auch für diese Stahlpanzerrohre kommt dasselbe System von Ellbogen, Abzweigdosen und Abzweigkästen zur Verwendung, wie bei den gewöhnlichen Papier- und den mit Messing umkleideten Röhren. Doch besitzen hier alle erwähnten Teile den gleichen Stahlpanzer, wie die Rohre selbst.

Der Zweck des Rohrsystemes mit Stahlpanzer ist, die elektrischen Leitungen gegen mechanische Beschädigungen ebenso widerstands-



Fig. 300.

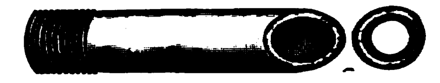


Fig. 301.

fähig zu machen, wie die Gasleitungen und auf diese Art auch eine weit grössere Dauerhaftigkeit der elektrischen Installation zu erreichen, als sie sich bei anderen Verlegungsarten erzielen lässt. Ferner sind derartig verlegte Leitungen auch bei von aussen kommender Feuersgefahr nicht zu entzünden. Der Preis der stahlarmierten Rohre beträgt allerdings etwa das Vierfache von dem der gewöhnlichen Papierröhren.

Endlich werden auch Isolierrohre mit stärkerer Eisenarmierung verwendet, bei welchen der Eisenmantel etwa 3 *mm* Wandstärke besitzt (Fig. 301). Die Verbindung der einzelnen Stücke ist die gleiche wie bei den stahlgepanzerten Rohren. Ihre Länge beträgt ebenfalls 3 *m*, die lichte Weite 11, 16, 23, 29 oder 36 *mm*. Diese Rohre sollen die Leitungen in solchen Anlagen schützen, wo wegen mechanischer oder chemischer Einwirkungen jede andere Verlegungsart sich als unbrauchbar erweist, z. B. in Bergwerken, Panzerschiffen, Tunnels, Kellern, Brauereien, chemischen Fabriken. Auch sind sie zur unterirdischen Verlegung geeignet. Die zugehörigen Verteilungskästen, Abzweigdosen u. s. w. erhalten eine Armierung aus Gusseisen.

Auf die zahlreichen sonstigen Einzelheiten des in den letzten zehn Jahren mannigfaltig entwickelten Bergmann-Systemes einzugehen, fehlt der Raum.

Das Bergmann'sche Installationssystem besitzt vor der früher viel angewendeten Verlegung der Leitungen in Holzkanäle nicht unwesentliche Vorzüge. Dass die Leitungen durch die sie umhüllenden Papierröhren vor äusseren Beschädigungen und insbesondere auch vor Feuchtigkeit geschützt sind, wurde bereits hervorgehoben. Die Drähte sind allerdings nicht ohne weiteres an jeder beliebigen Stelle zugänglich, wie dies bei Holzleisten durch Abnehmen der Decklatten möglich war, sondern nur von den einzelnen Dosen aus erreichbar. Da jedoch, wie die Vorschrift ist, in den Rohrsträngen zwischen je zwei Dosen Verbindungsstellen der Drahtleitungen nicht liegen dürfen, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass in diesen Leitungsstücken irgend welche Störungen entstehen, gering. Sollte dennoch durch irgend welche Umstände ein Fehler innerhalb der Rohrleitung sich ausbilden, oder Kurzschluss darin entstehen, so ist man jederzeit in der Lage, durch Herausziehen des betreffenden, zwischen zwei Dosen

liegenden, verhältnismässig kurzen Leiterstückes und Einziehen eines neuen die Störung rasch zu beseitigen, ohne dass es nötig wäre, den Wandanstrich, die Tapete oder dergleichen irgendwie zu verletzen. Diese Möglichkeit bleibt genau ebenso, wenn die Röhren in den Verputz gelegt sind. Auch lässt sich auf die genannte Weise eine Leitung leicht durch eine solche von grösserem Querschnitte ersetzen, wie es bei Erweiterung einer Anlage wünschenswert sein kann.

Der Durchmesser eines Papierrohres, das eine Zwillingsleitung von bestimmtem Querschnitte enthält, ist so klein, dass die Röhren bei offener Verlegung dem Auge wenig auffallen. Auch können sie mit beliebiger Farbe gestrichen oder tapeziert werden, ohne dass bei Reparaturen der Drahtleitung eine Schädigung des äusseren Ansehens zu befürchten wäre.

Bei dem geringen Abstande, in welchem bei den oben beschriebenen Zwillingsleitungen die beiden Leiter voneinander liegen, ist die Möglichkeit eines Kurzschlusses an beschädigten oder mangelhaft isolierten Stellen allerdings grösser, als wenn beide Leiter sich in erheblicher Entfernung voneinander befänden. Allein wenn es zu einer leitenden Verbindung kommt, so wird diese sofort zum regelrechten Kurzschlusse und es werden die Bleisicherungen augenblicklich funktionieren (vergl. Abschnitt V). Allerdings muss entweder durch eine sicher wirkende Luftzirkulation oder aber durch hermetischen Abschluss des Rohrsystemes dafür gesorgt sein, dass nicht bei Abkühlung sich Wasser in den Röhren kondensiert. Auch ist in zweifelhaften Fällen vor dem Einziehen der Leitungen das Rohrsystem mittels eines durchgezogenen Baumwolldochtes völlig auszutrocknen. Durch einen Kurzschluss, der in der Rohrleitung auftritt, oder durch starke Erhitzung einer Leitung auf eine längere Strecke ist bei dem System der Papierröhren keine wesentliche Feuersgefahr bedingt. Da das Rohrnetz nahezu luftdicht verschlossen ist, so ist eine Entflammung der Isolierhülle der Leitungen oder der Röhren selbst so gut wie ausgeschlossen. Auch haben diesbezügliche Versuche günstige Ergebnisse gehabt.

Für die gleichen Zwecke, zu welchen die Papierröhren bestimmt sind, verwendet die »Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft« neuerdings Rohre aus einer Hartgummi-Komposition.

133. Peschels Ringisolatoren-System. Die von Peschel ausgearbeitete Art der Verlegung elektrischer Leitungen ist hauptsächlich für Wohnräume bestimmt. Die Leitungen bleiben dabei sichtbar und erhalten zu diesem Zwecke, samt den sie tragenden Teilen, ein gefälliges Äussere. Ferner ist eine Beschädigung der Wände und die Erzeugung von Schmutz und Staub bei Vornahme der Montage nach Möglichkeit vermieden, und die Ausführung der Arbeit erfordert verhältnismässig wenig Zeit. Auf diese Weise ist erreicht:

1. dass Leitungen in Wohnräumen ebenso übersichtlich und kontrollierbar bleiben wie an anderen Orten;
2. dass sie, infolge ihres gefälligen Aussehens, auch luxuriös ausgestattete Wohnungen nicht verunzieren;
3. dass die Verlegung der Leitungen auch in fertig eingerichteten, eleganten Räumen in kurzer Zeit und ohne nennenswerte Beschädigungen und Verunreinigungen ausgeführt werden kann.

Die für die Verlegung nach dem Peschel'schen System erforderlichen Teile werden von der Firma **Hartmann & Braun** in Bockenheim-Frankfurt a. M. in den Handel gebracht.

Peschel verwendet als Leitungen vorwiegend Doppellitzen aus zwei gut isolierten (durch mehrere Baumwollbespinnungen und eine Gummischicht), farbig umklöppelten und dann zusammen verseilten Drahtlitzen oder einfachen Drähten. Diese werden mit Hilfe von kleinen Porzellanringen an den Wänden in der Weise befestigt, dass sie durch die Öffnungen der Ringe hindurchgezogen werden. Die Ringe kommen in zwei Grössen, von 16 bezw. 20 *mm* äusserem Durchmesser, bei 7 bezw. 10 *mm* Lochweite und 9 *mm* Dicke zur Verwendung. Sie werden selbst von Messinghaken getragen. Zu diesem Zwecke besitzt der Ring am äusseren Umfange eine umlaufende Nut, in welche sich der Haken hineinlegt. Dieser ist so gebogen, dass er den Ring in einem Bogen von mehr als 180° umgreift. Er federt etwas, sodass der Ring in den Haken

hineingedrückt werden kann und dann fest darin sitzen bleibt. Um das Aussehen des Ganzen gefälliger zu machen, ist der Haken an einem sogen. Ziernagel befestigt, wie sie bei Polstermöbeln Verwendung finden. Fig. 302 zeigt in etwa natürlicher Grösse den fertigen Ringisolator nebst Ziernagel, zum Einschlagen in die Wand. In besonderen Fällen befestigt man den Isolierring auch an einem längeren, mit Holzgewinde versehenen Haken und schiebt einen gelochten Ziernagelkopf auf den Haken auf, bis an den Ring heran, wie durch Fig. 303 veranschaulicht wird.

Die Nägel, welche die Ringisolatoren tragen, werden nicht unmittelbar in die Wand, sondern in kleine Holzdübel von 35 bis 100 *mm* Länge und 10—12 *mm* Dicke (Fig. 304) eingeschlagen. Diese nach hinten sich verjüngenden Dübel werden in konische Löcher, die man vorher in die Wand geschlagen hat,

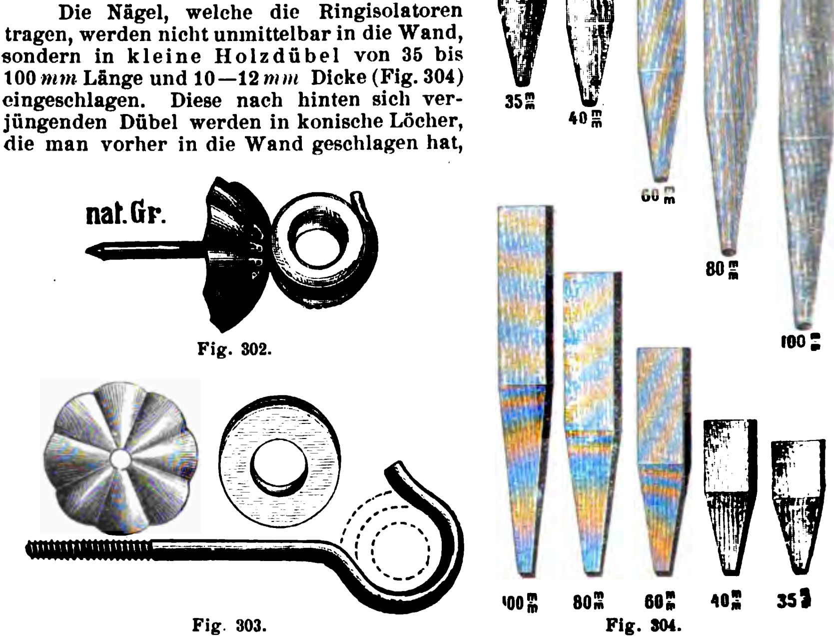


Fig. 302.

Fig. 303.

Fig. 304.

mit dem Hammer so weit eingetrieben, bis die Oberkante des Dübels mit der Wandfläche bündig ist. Zum Einschlagen der Dübellöcher dient ein Schlageisen aus Stahl, dessen eines Ende konisch zuläuft und gehärtet ist (Fig. 305). Die End-



Fig. 305.

fläche des konischen Teiles ist eben abgeschliffen und erzeugt beim Eintreiben in mässig hartes Back- oder Bruchsteinmauerwerk oder in Verputz eine Art Schnitt. Das Steinmaterial wird verdrängt und es entsteht ein glattes, konisches Loch ohne nennenswerte Stauberzeugung. Bei sehr hartem Stein wird ein Schlageisen mit längerem und am Ende spitzerem Konus oder ein solches verwendet, dessen Konus in eine kurze Vierkantspitze ausläuft. Für besondere Fälle, wie sehr weichen oder lose sitzenden Verputz, werden noch eigens dazu geformte Schlageisen, sowie besonders lange Dübel verwendet. Die ohne Gips eingetriebenen Dübel sitzen fest genug, um einem kräftigeren Zuge widerstehen zu können, als er bei Verlegung der verhältnismässig leichten Zimmerleitungen überhaupt jemals auftritt.

Das Einschlagen der verzierten Haken von der Form Fig. 302 geschieht mit Hilfe eines geschlitzten und am Ende etwas ausgerundeten Setzeisens, wie durch Fig. 306 veranschaulicht wird. Der Haken kommt dabei in den Schlitz des Setzeisens zu stehen.

Wenn Holzdübel nicht benutzt werden sollen, z. B. weil sie infolge Schwindens des Holzes beim allmählichen Austrocknen sich zuweilen lockern, besonders aber,

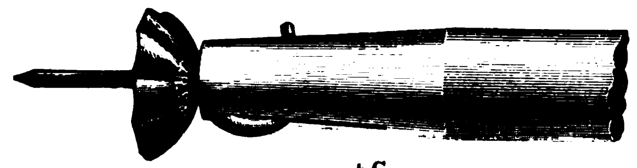


Fig. 306.

wenn die Leitungen sollen zeitweise abgenommen werden können (z. B. beim Tapezieren von Zimmern), verwendet man kleine Dübel aus gehärtetem Stahl (Fig. 307). Diese besitzen am Kopfende einen Gewindeansatz. Die Haken für die Isolierringe, welche daran befestigt werden sollen, haben im Inneren der

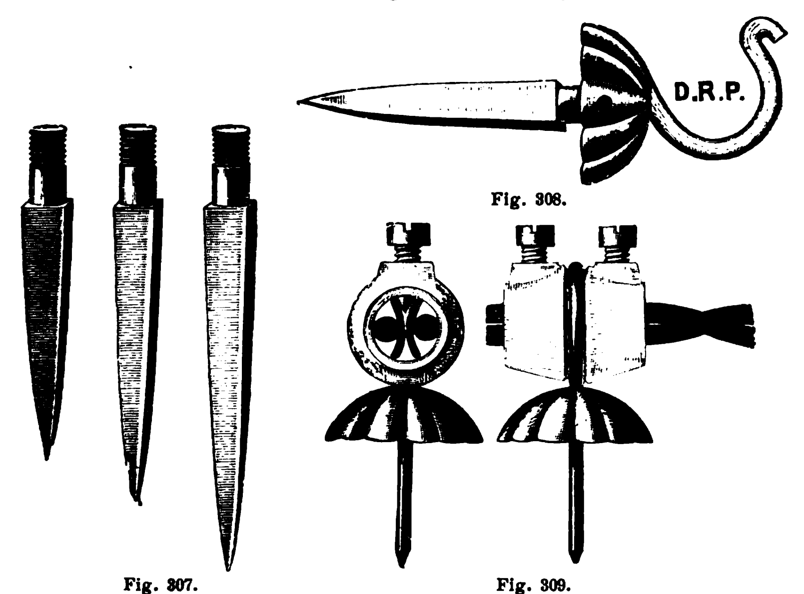


Fig. 308.

Fig. 307.

Fig. 309.

Zierrosette ein entsprechendes Muttergewinde. Fig. 308 zeigt einen auf diese Art befestigten Haken. Die Stahldübel werden, zur Schonung des Gewindes, mittels eines besonderen Setzeisens eingeschlagen.

Neuerdings versieht Peschel solche Stahldübel nicht mit einer Spitze, sondern mit einer kleinen ebenen Fläche senkrecht zur Längsrichtung, wodurch das Krummwerden beim Einschlagen verhütet, Zerspringen der Mauersteine besser verhindert und ein sichereres Festhalten in der Wand erreicht werden soll.[1]

[1]) Seit 1901 verwendet auch die Firma Schuckert bei der Verlegung von Litzenleitungen, sowie bei Papierrohrverlegung Stahldübel von 40—60 *mm* Länge, deren Ende schneidenartig gestaltet ist. Der Stahlnagel trägt als Kopf

Nachdem für ein zu verlegendes Leitungsstück die erforderlichen Haken befestigt sind, werden über das in passender Länge abgeschnittene Stück Doppelleitung so viele Isolierringe geschoben, als Haken vorhanden sind. Durch Eindrücken der Ringe in die Haken wird das Kabel an seine Stelle gebracht. Um dasselbe gerade zu spannen, muss es, da es durch die Isolierringe lose hindurchgeht, durch eine besondere Spannvorrichtung straff gezogen werden. Hierzu dienen sogen. *Kabelklemmen*, von welchen mehrere Formen benutzt werden. Die sogen. *Fässchen* sind hohle Porzellanstücke in Fassform, welche zwei Gewindelöcher zum Eindrehen von Schrauben besitzen. Das in der achsialen Höhlung liegende Kabel wird durch Anziehen der beiden Schrauben festgeklemmt, wobei es vor Beschädigung durch dazwischen geschobene Fiberplättchen geschützt ist (Fig. 309). Das Porzellanstück hat eine umlaufende Nut, mit der es, wie ein Ringisolator, in den federnden Haken eingedrückt werden kann. Eine andere Form eines *Klemmisolators* veranschaulichen Fig. 310 und 311. Es ist ein geteilter Porzellanring, von dem jede Hälfte zwei geriefelte Nuten besitzt. In diese werden die beiden etwas auseinander gedrehten Drähte der Doppelleitung eingelegt. Drückt man dann das ganze in einen federnden Haken ein, so presst dieser die Leitung so fest, dass sie gespannt werden kann. Zum Eindrücken des mit den eingelegten Leitungen versehenen Klemmisolators in den Federhaken und besonders zum Herausheben aus diesem, kann ein besonderes, löffelartiges Werkzeug benutzt werden.

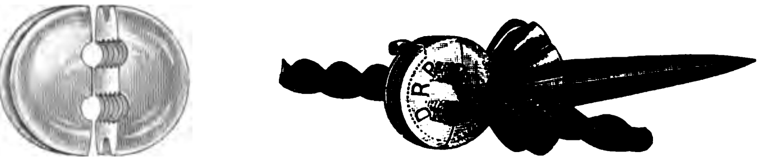


Fig. 310. Fig. 311.

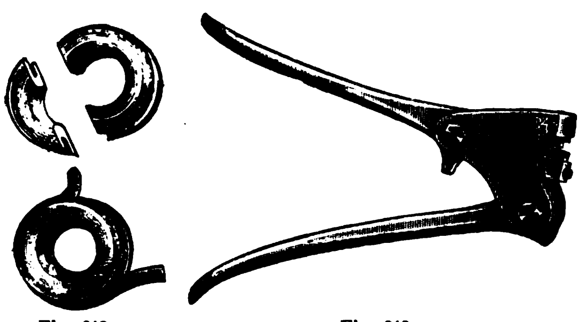


Fig. 312. Fig. 313.

Die Haken mit den Isolierringen lässt man auf geraden Leitungsstrecken in Abständen von 50—80 *cm* aufeinander folgen. Da es unter Umständen nötig werden kann, eine bereits verlegte Leitung an einzelnen Stellen noch durch neu hinzuzufügende Isolierringe zu halten, so werden für diesen Zweck *geteilte Porzellanringe* hergestellt. Diese bestehen aus zwei ungleichen Stücken, die durch einen Schnitt in Richtung einer Kreissehne aus dem vollen Ringe hergestellt erscheinen. Nachdem an der gewünschten Stelle ein Haken befestigt ist, wird das Kabel in die freiliegende Öffnung des grösseren Ringstückes gelegt, durch Aufsetzen des kleineren Stückes die Öffnung geschlossen und der Ring in den Haken gedrückt. Durch Drehen bringt man den kleineren Teil nach innen, sodass er durch das grössere, von dem Haken federnd festgehaltene Ringstück am Herausfallen verhindert wird. Diese Art, einen geteilten Ring in den Haken einzusetzen, wird durch Fig. 312 veranschaulicht.

---

eine Platte, die mit mehreren Gewindelöchern versehen ist, sodass Porzellanklemmen, Rohrschellen, Ausschalter u. s. w. darauf geschraubt werden können.

Die Befestigung der Enden von Drahtlitzen, wie sie für leicht biegsame Kabel und Doppelschnüre Verwendung finden, an Lampenfassungen, Ausschaltern, Sicherungen u. s. w., erfordert mehr Aufmerksamkeit und Arbeit als bei einfachen Drähten. Die einzelnen dünnen Litzendrähte fasern auseinander und kommen leicht in Unordnung, wenn man sie nicht gerade zusammen verlötet. Peschel verwendet für derartige Kabel einen einfachen »Endverschluss« (richtiger: Endverwahrung). Die von der Isolierung entblössten und durch Lot vereinigten Litzendrähte werden mit der Rundzange um eine mit umlaufender Nut versehene Messingöse gelegt. Durch Zusammendrücken der Öse mittels einer passenden Gelenkzange (Fig. 313) werden die Ränder der Öse stark umgebörtelt und dadurch mit der Drahtlitze fest verbunden. Durch Eintauchen des ganzen in geschmolzenes Lötzinn wird guter Kontakt erzielt. Fig. 314 zeigt den fertigen Endverschluss in verschiedenen Ansichten.

Die Verbindung eines so vorgerichteten Leitungsendes mit Lampenfassungen, Apparaten u. s. w. kann nun in bequemer Weise so geschehen, dass man die Öse mittels einer durch das Loch der Öse hindurchgesteckten Schraube festklemmt. Zur Verbindung zweier Leitungsenden legt man deren Ösen überein-

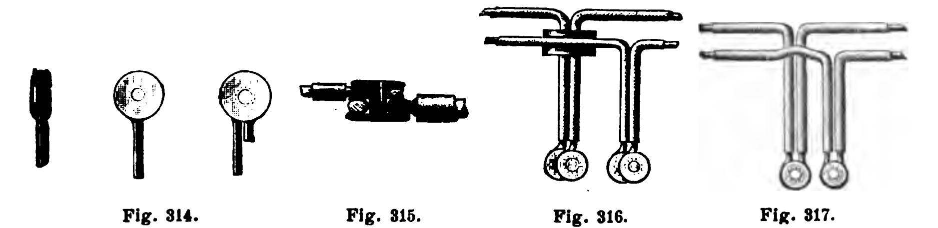


Fig. 314. Fig. 315. Fig. 316. Fig. 317.

ander, steckt in die Öffnungen einen hohlen Niet und presst das ganze mit der oben erwähnten Gelenkzange. Dadurch wird das nicht mit Kopf versehene Ende des Nietes umgebörtelt und so werden die Ösen zusammengehalten (Fig. 315). Ein nachträgliches Verlöten ist nicht erforderlich.

Da die Ausführung von Lötstellen an dünnen Kabeln unbequem und zeitraubend ist, sucht Peschel die Zahl derselben nach Möglichkeit zu beschränken. Statt an Abzweigstellen die Hauptleitung von der Isolierung zu befreien, die Abzweigleitung daran zu befestigen, zu verlöten und die Lötstelle wieder zu isolieren, zieht er es vor, die Hauptleitung selbst bis zu der in dem abzweigenden Teile sitzenden Sicherung (vergl. Abschnitt V) herab- und wieder zurückzuführen. Die herabgeführten Enden der Hauptleitung werden in der oben beschriebenen Weise mit Ösen versehen und diese unter die Kontaktschrauben der Sicherung geklemmt. Dabei werden die beiden Kabel der Hauptleitung entweder durchschnitten und in die entstandenen vier Enden Ösen eingesetzt (Fig. 316), die dann paarweise aufeinander zu liegen kommen, oder man befreit sie nur auf einige Zentimeter von der Isolierung und setzt in jede solche Stelle eine Öse ein, sodass also nur zwei Ösen erforderlich werden (Fig. 317).

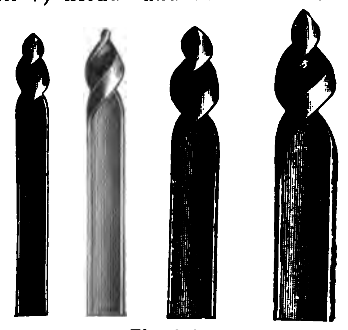


Fig. 318.

Die zur Durchführung der Leitungen durch Wände erforderlichen Löcher pflegt man vielfach mittels eines am Ende gezahnten Eisenrohres durchzuschlagen. Diese Arbeit ist mühsam, erzeugt gewöhnlich zu grosse Öffnungen, verursacht viel Staub, Schmutz und Lärm und beschädigt die Wände. Peschel hat deswegen für solche Zwecke Mauerbohrer konstruiert, mittels deren man durch gewöhnliches Backsteinmauerwerk

glatte, runde Löcher von nicht über 20 *mm* Weite in kurzer Zeit ohne Schlagen bohren kann. Die Bohrer, von denen Fig. 318 verschiedene Endformen zeigt, sind aus Flachstahl, der eine Art I-Profil besitzt, hergestellt. Sie werden zum Bohren in eine gewöhnliche Brustleier eingesetzt. Ein Mann soll hiermit pro Minute ein Loch von etwa 12 *cm* Länge herstellen können.

Derartig ausgeführte enge Wandlöcher können auch dazu dienen, Ausschalter möglichst solide zu befestigen und zugleich die Zuleitung für ein Zimmer in einfachster und kürzester Weise einzuführen, wie Fig. 319 veranschaulicht. In das Wandloch ist in diesem Falle ein eisernes Rohr eingesetzt, dessen Flansch auf der Zimmerseite den Ausschalter trägt und dessen Höhlung mit einem Rohr aus Isoliermaterial (z. B. Bergmannrohr) ausgefüttert ist.

Auf weitere Einzelheiten des Peschel'schen Installationssystems soll hier nicht eingegangen werden; sie finden sich in einer von Hartmann & Braun veröffentlichten Broschüre beschrieben.

Es sei noch bemerkt, dass zur möglichsten Anpassung des Aussehens der Leitungen an die Ausstattung der Räume, in denen sie verlegt werden, die Zierhaken sowohl wie die Isolierringe in einer ganzen Anzahl Farbennuancen zur Verwendung kommen. Die Isolierringe werden auch aus Glas in mehreren Farben hergestellt.

Verlegung der Leitungen in geschlitzten Stahlrohren, nach **Peschel.** Diese Verlegungsart soll zunächst vollkommenen Schutz der

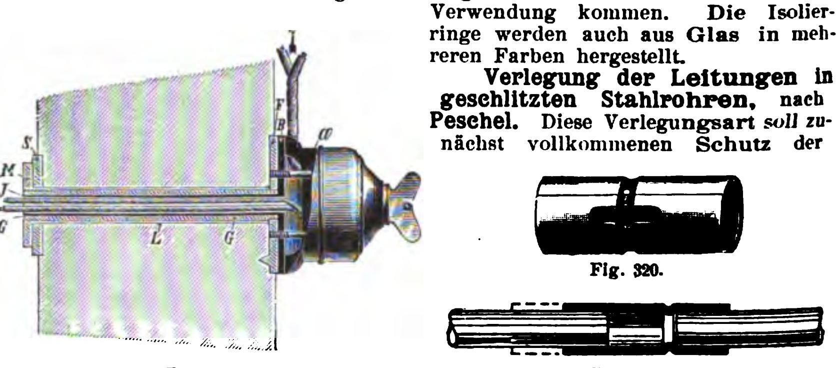


Fig. 319. Fig. 320. Fig. 321.

Leitungen mit billiger Herstellung vereinigen, ausserdem bei Berührung völlig ungefährlich sein und endlich gestatten, bei Dreileiteranlagen mit blankem Mittelleiter nur eine isolierte Leitung verlegen zu müssen.

Peschel legt die mit einer sehr guten Isolierung versehenen Leitungen in Stahlrohr, das aussen und innen verzinnt und mit einem Längsschlitz versehen ist. Der Schlitz ist etwa 1 *mm* weit und da die Wandstärke des Rohres nur 0,7—1,0 *mm* (je nach der Weite) beträgt, so federt das Rohr beim Drücken etwas. Dadurch ist es möglich, die Enden der Rohre an den Verbindungsstellen in Muffen mit Reibung hineinzustecken oder sie ebenso in Rohransätze von Dosen, Kästen oder dergl. einzuschieben. Durch die kräftige Federung und Reibung entsteht an solchen Stellen ein inniger Kontakt zwischen den betreffenden Teilen. Die Rohre werden in den lichten Weiten 8, 12, 16, 21 und 26 *mm* hergestellt.

Zur Verbindung der Rohrenden dienen stählerne verzinnte Muffen von der Fig. 320 abgebildeten Form. Die Muffen besitzen ebenfalls den Längsschlitz und sind ausserdem mit einer Einschnürung in der Mitte, sowie mit einem »Schauloch« versehen. Die Enden der zu verbindenden Rohre werden von beiden Seiten bis zu der Einschnürung in die Muffe eingeschoben. Ob dies richtig geschehen ist, kann durch das Schauloch kontrolliert werden. Um die Enden von fest verlegten Rohren, die also nicht mehr verschoben werden können, zu verbinden, dienen Muffen, deren einer Teil länger gestaltet ist. Wie Fig. 321 veranschaulicht, lässt man die Enden der Rohre etwas auseinanderstehen, schiebt die Muffe mit ihrem längeren Teile auf das eine Ende erst völlig

auf und dann soweit zurück, dass ihr kürzerer Teil sich auf das andere Rohrende aufschiebt. Zur Verbindung von Rohren verschiedener Weite dienen Reduktionsmuffen, deren Gestalt Fig. 322 zeigt. Die Befestigung der Rohre an den Wänden geschieht, wie bei dem Bergmann'schen Systeme, durch Rohrschellen von der früher Fig. 281 abgebildeten Form.

An Ecken werden Bogenstücke (Fig. 323) verwendet, in welche man die Rohrenden von beiden Seiten einschiebt. Diese Krümmungsstücke bestehen

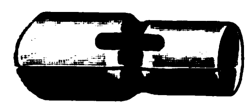


Fig. 322.



Fig. 323.

aus zwei gestanzten Hälften, welche aufeinander gelegt und an beiden Enden durch übergeschobene Ringe zusammengehalten sind. Sie haben an jedem Ende zwei Schaulöcher und werden auch noch in flacherer Krümmung als die abgebildete Form hergestellt. Durch Zusammensetzung mehrerer Bogenstücke kann man Wandvorsprünge umgehen, wie Fig. 324 veranschaulicht.

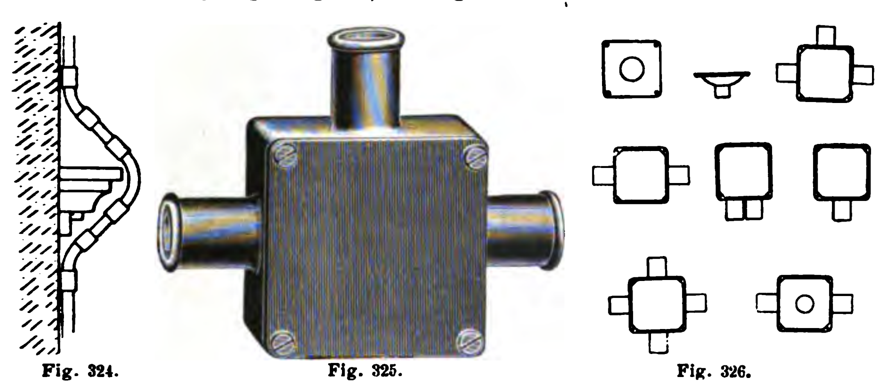


Fig. 324. Fig. 325. Fig. 326.

Zur Anbringung von Abzweigungen, Ausschaltern, leichten Beleuchtungskörpern (Wandarme, Schnurpendel) dienen Dosen mit geeigneten Rohransätzen, in welch letztere die Enden der Rohre federnd eingeschoben werden. Die Dosen bestehen aus verzinntem Gusseisen und sind mit einem aufgeschraubten Deckel versehen. Fig. 325 zeigt eine einfache Abzweigdose in halber natürl. Grösse. Fig. 326 stellt verschiedene vorkommende Formen in kleinem Massstabe schematisch dar. Um lange Leitungen, welche keine Abzweigungen enthalten, bequem einziehen

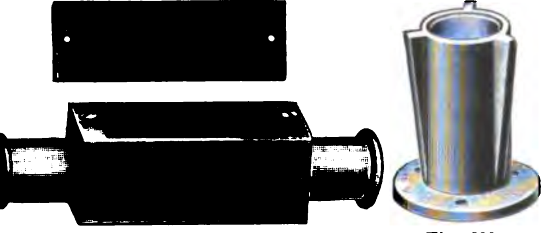


Fig. 327. Fig. 328.

zu können und dauernd leicht zugänglich zu machen, schaltet man einen sogen. Zwischenkasten (Fig. 327) ein, am besten unmittelbar vor einer grösseren Zahl von Krümmungen. Zur Befestigung der Dosen u. s. w. dienen Eisendübel

von der Form Fig. 328. Wie Dosen zur Aufhängung von Schnurpendeln verwendet werden können, ist aus Fig. 329 zu ersehen.

Für die Ausführung einfacher Abzweigungen können auch T-Stücke von der Gestalt Fig. 330 in die Rohrleitung eingesetzt werden. Zur Führung der Leitung in scharfen rechten Winkeln dienen Winkelkästen, die durch einen aufgeschraubten Deckel entweder oben (Fig. 331) oder seitlich (Fig. 332) geschlossen werden. Fig. 333 zeigt die Ausführung einer dreipoligen, mit Sicherung versehenen Abzweigung von einer Steigleitung im Dreileitersystem mit blankem Mittelleiter.

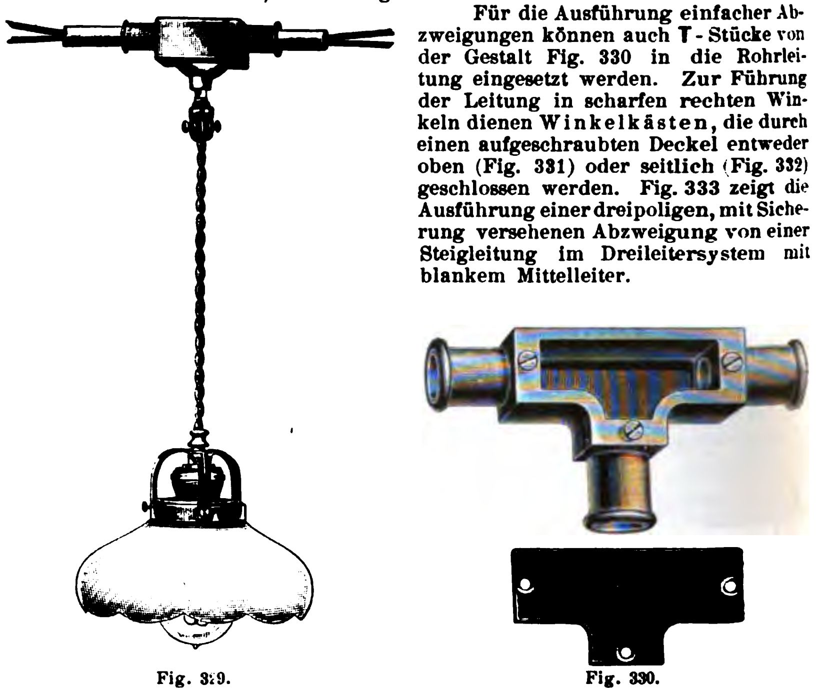


Fig. 329. Fig. 330.

Durch den Schlitz in den Rohren findet in deren Innenraum stets Luftzirkulation statt, wodurch die dauernde Ansammlung von Kondenswasser verhindert wird. Da der Kontakt an allen Verbindungsstellen der Rohre unter-

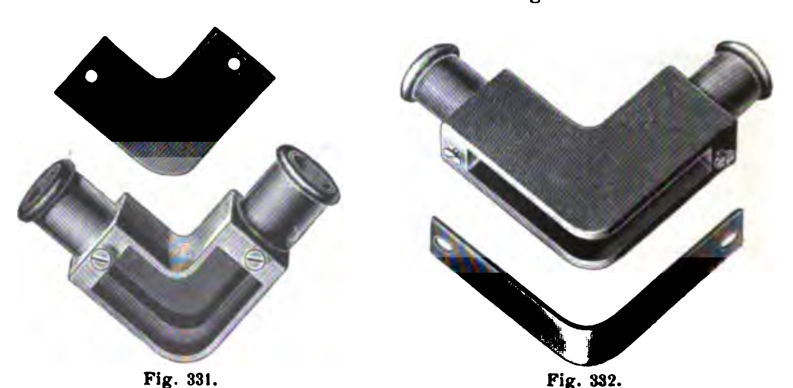


Fig. 331. Fig. 332.

einander und mit den Dosen, Kästen u. s. w. infolge der Federung ein guter ist, können nennenswerte Spannungsdifferenzen zwischen der Rohrleitung und Erde nicht entstehen, wenn erstere an einer Stelle gut mit Erde verbunden ist. Da-

durch bleibt das Anfassen der Rohrleitung auch dann ungefährlich, wenn diese direkten Schluss mit einem stromführenden Teile bekommt. Wie bereits erwähnt, will Peschel bei Dreileiteranlagen mit blankem Mittelleiter die Rohrleitung ohne weiteres als Mittelleiter benutzen. Dann ist in solchen Hausanlagen, in welche nur der Mittelleiter und ein Aussenleiter eingeführt sind, nur für den letzteren eine isolierte Leitung erforderlich. Es wird dann nur ein, allerdings vorzüglich zu isolierender Draht in die Rohrleitung eingezogen, welche ihrer-

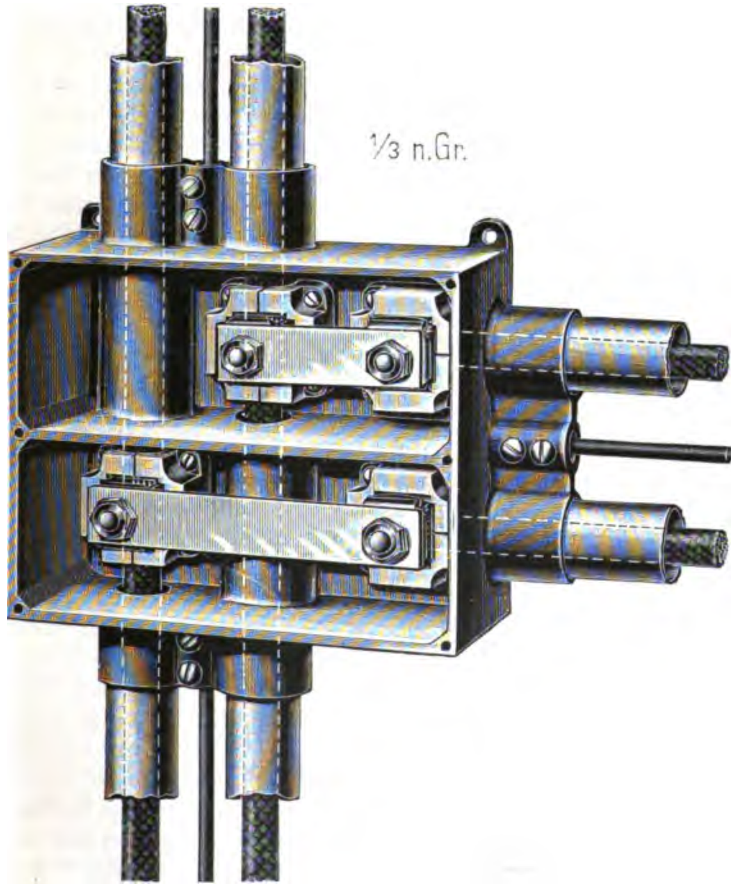


Fig. 333.

seits die Rückleitung bildet. Zu ihrer Unterstützung empfiehlt Peschel, einen blanken Draht mit einzuziehen oder daneben zu verlegen, der an mehreren Stellen mit der Rohrleitung solide verbunden ist. Dies ist bei der Fig. 333 abgebildeten Anordnung geschehen.

Das Peschel'sche System der »Stahlrohrmontage« ist kaum erst in die Praxis eingeführt worden. Seine Bewährung und weitere Vervollkommnung bleibt daher abzuwarten. Die Kosten sollen sich, nach Angabe des Erfinders, etwa ebenso hoch stellen, wie bei Verwendung von Papierröhren mit Messingüberzug und wesentlich niedriger als bei solchen mit Stahlpanzer.

134. Durchführung durch Wände. Wo isolierte Leitungen durch Wände oder Decken, bezw. Fussböden, hindurchgeführt werden sollen, stellt man am besten ein so weites Loch her, dass die Leitungen, ohne Gefahr der Berührung mit den Lochwänden oder miteinander, frei hindurchgehen können. Wenn dies aus irgend welchen Gründen nicht möglich ist, so muss man in das betreffende Mauerloch Röhren aus Isoliermaterial, wie Hartgummi, imprägnierte Papiermasse, Porzellan, Glas, einsetzen. Dabei führt man, ausser bei Doppel-Litzenleitungen, jedes Leitungsstück durch ein besonderes Rohr. Die Röhren müssen so weit sein, dass die Leitungen nur lose darin liegen, ohne Druck oder Reibung zu erleiden, und sollen beiderseits etwas aus der Wand hervorragen. Falls sie nicht schon aus Porzellan bestehen, versieht man sie an den Enden noch mit gut abgerundeten Tüllen aus Porzellan, um Beschädigung der Isolierung zu verhüten (Fig. 334). Bei Deckendurchführungen muss da, wo die Leitungen aus einem Fussboden heraustreten, über dem Isolierrohre noch ein eisernes Schutzrohr oder ein hölzerner Schutzkasten von genügender Höhe angebracht sein, damit die Leitungen vor Verletzungen geschützt sind. Bei blanken Leitungen macht man die Wandlöcher so gross, dass die ersteren frei hindurchgehen, und kann sie noch auf eine genügend lange Strecke mit Kautschukschlauch überziehen. Zur Einführung von Leitungen aus dem Freien in Innenräume bedient man sich der sogenannten Einführungstrichter (Fig. 266, No. 36 und 39) mit nach unten gerichteter Mündung, die aus Porzellan bestehen. Die Anbringung derselben veranschaulicht Fig. 335.

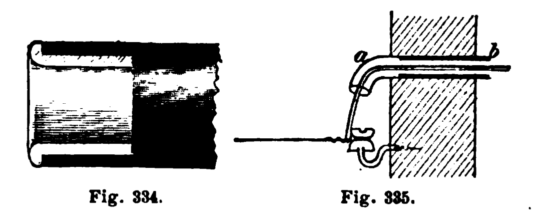


Fig. 334. Fig. 335.

135. Verbindungen, Abzweigungen. Alle Verbindungsstellen von isolierten Leitungen unter sich und ebenso alle Abzweigstellen, mit Ausnahme einiger Fälle, z. B. wo die Verbindung oder Abzweigung durch Dazwischenschalten eines der später zu erwähnenden Nebenapparate geschieht, werden ausschliesslich durch Löten hergestellt. Da von dem gewöhnlich hierzu verwendeten Lötwasser auch bei sorgfältigstem Abwaschen stets etwas zurückbleibt, wodurch das Kupfer angegriffen wird, empfiehlt es sich, alle Lötstellen für derartige Leitungen mit Hilfe von Kolophonium als Flussmittel auszuführen. Man hat darauf zu achten, dass die Lötstelle nicht nur eine gute elektrische Verbindung gewährleiste, sondern auch eine genügende mechanische Festigkeit besitze, um Zugkräften zu widerstehen. Bei dünneren Drähten stellt man durch Aufwickeln

der beiden freien Enden um die fortlaufenden Drahtstücke eine sogenannte Würgelötstelle her. Dickere Leitungen werden ein Stück weit übereinander gelegt, oder aber an den Enden schräg gefeilt und gegeneinander gelegt, hierauf auf eine genügend lange Strecke doppelt mit weichem, dünnem Kupferdraht umwickelt und dann verlötet. Noch widerstandsfähiger ist die Fig. 262 abgebildete Wickellötstelle. Bei Litzen aus zahlreichen Drähten werden die einzelnen Drähte miteinander verflochten, worauf die Lötung erfolgt. Dass bei Abzweigstellen das abgehende Leitungsstück keinen erheblichen Zug auf die Hauptleitung ausüben soll, ist schon erwähnt. Nachdem die Lötung ausgeführt ist, wobei die stehen gebliebene Isolierung nicht angebrannt werden darf, wird die blossgelegte Stelle wieder isoliert, gewöhnlich durch Umwickeln mit sogenanntem Isolierband, d. h. Leinen- oder

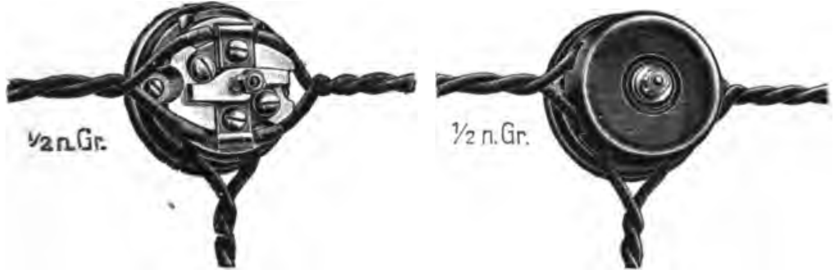


Fig. 336.

Baumwollband, das mit einer klebenden Gummi- oder Asphaltmischung getränkt ist. Auch Band aus reinem Kautschuk oder aus Guttapercha wird in besonderen Fällen verwendet. Man wickelt das Band in mehreren Lagen auf, um genügende Dicke der Isolierschicht zu erreichen. Die Isolierung der Lötstelle soll der der übrigen Leitung gleichwertig sein.[1])

Bei Litzen-Doppelleitungen ist die Ausführung von Abzweigstellen mittels Lötung schwierig und zeitraubend, auch besteht die Gefahr der Entstehung von Kurzschluss dadurch, dass von den zahlreichen feinen Drähtchen der beiden Litzen einzelne seitlich herausstehen und in Berührung kommen. Man führt deswegen heutzutage Abzweigungen bei Doppellitzen häufig durch Einschaltung sogenannter Abzweigdosen aus, wobei Löten vollkommen vermieden und die Arbeit sehr vereinfacht wird. Fig. 336 zeigt eine solche Dose von Peschel, offen und durch den Deckel geschlossen. Die Grundplatte aus Porzellan oder dergl. enthält zwei Zangenklemmen und zwei Lochklemmen. Je eine Zangen- und eine Lochklemme stehen in metallischer Verbindung. Wie die Abbildung zeigt, werden die beiden Litzen der Hauptleitung auf eine kleine Strecke ihrer Isolierung entkleidet und in die Zangenklemmen gepresst, während man die ebenfalls blank gemachten Enden der Abzweigleitung in die beiden Lochklemmen einschraubt. Die letzteren liegen tiefer als diejenigen für die Hauptleitung, sodass Berührung ungleicher Pole nicht zu befürchten ist (vergl. auch Fig. 297, S. 344).

[1]) Über die Ausführung der Verbindungs- und Abzweigstellen im einzelnen vergl. u. a. von Gaisberg, »Taschenbuch für Monteure«.

Wie Verbindungs- und Abzweigstellen ohne Lötung durch Dazwischenschalten von Sicherungen, Aus- und Umschaltern ausgeführt werden, wird an einer späteren Stelle behandelt werden.

Auf die Art der Verlegung von isolierten Leitungen unter besonderen Umständen, z. B. in nassen und mit schädlichen Gasen oder Dämpfen erfüllten Räumen, sowie in Räumen, in welchen explosible oder leicht feuerfangende Stoffe hergestellt oder aufbewahrt werden, soll hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Es kommt in solchen Fällen sehr viel auf die besonderen örtlichen Verhältnisse an, sodass allgemeine Regeln sich nicht gut aufstellen lassen.

Unter allen Umständen muss bei Verlegung von Leitungen, Herstellung der Verbindungen und Abzweigungen mit peinlicher Sorgfalt verfahren werden, da sonst oft schon nach kurzer Zeit Störungen eintreten. Eine und dieselbe Leitung lässt sich häufig aus verschieden isoliertem Drahtmaterial und in verschiedenen Verlegungsarten ausführen, ohne dass gerade die eine Art einer anderen gegenüber ganz zu verwerfen wäre. In solchen Fällen wird die Kostenfrage oft leider zu sehr als massgebend betrachtet. Es kann jedoch vor der »billigen Arbeit«, wie sie häufig angeboten wird, nicht genug gewarnt werden. Diese kommt gewöhnlich wegen der Reparaturen oder Erneuerungsarbeiten, die bald nötig werden, teurer zu stehen als eine solide, in der ersten Anlage allerdings weniger wohlfeile Ausführung der Leitungen.

Die zur Sicherung der Leitungen erforderlichen Apparate, sowie diejenigen zum Aus- und Umschalten u. s. w. sollen erst im nächsten Abschnitt behandelt werden, ebenso alles, was den Isolationswiderstand und die Mittel zu dessen Bestimmung betrifft.

Beleuchtungskörper.

136. Die Beleuchtungskörper, d. h. diejenigen Teile einer Anlage welche zum Tragen, Halten, Aufhängen der Lampen dienen, also Lustres, Wandarme und Deckenpendel für Glühlampen, Aufhängevorrichtungen für Bogenlampen u. s. w., können leicht der Sitz von Isolationsfehlern und daraus entspringenden Betriebsstörungen werden. Da diese Teile aus Metall bestehen, die Leitungen aber, welche an ihnen entlang zu den Lampen führen, im Interesse des guten Aussehens möglichst wenig sichtbar sein sollen, so sind die isolierten Drähte an vielen Stellen mit dem Metall in Berührung. Ist an einer solchen Berührungsstelle die Isolierung des Drahtes beschädigt oder entfernt, sodass metallischer Kontakt mit dem Beleuchtungskörper stattfindet, so ist damit eine Fehlerstelle geschaffen, die die Isolation der ganzen Anlage schädigt und, sobald weitere derartige Fehler sich

bilden, zu Kurzschluss oder dauernden Stromverlusten Veranlassung gibt. Es lässt sich jedoch verhindern, dass aus einer derartigen Metallberührung eine wirkliche Erdverbindung werde, wenn man den Beleuchtungskörper von Erde isoliert. Dies sollte unter allen Umständen geschehen, und zwar bei aufgehängten Lustres oder Pendeln mittels eines in geeigneter Weise isolierten Hakens. Einen solchen, von Voigt & Haeffner in Frankfurt a. M., zeigt Fig. 337. Wandarme isoliert man durch untergelegte Holz- oder besser Porzellanplatten. Sehr häufig sollen vorhandene Beleuchtungskörper für Gas auch für elektrische Lampen mit benutzt werden, oder es werden beide Beleuchtungsarten von vornherein zusammen eingerichtet. Da die Gasleitung eine fast widerstandslose Ableitung zur Erde und Verbindung mit den übrigen Beleuchtungskörpern darstellt, so bieten metallische Verbindungen der letzteren mit elektrischen Leitungen hier besonders grosse Gefahr. Man muss deswegen Beleuchtungskörper für Gasbeleuchtung von der Röhrenleitung elektrisch möglichst vollkommen isolieren. Dies geschieht mit Hilfe von Verbindungsmuffen, in welche eine Scheibe aus Isoliermaterial (z. B. aus Hartgummi) eingelegt ist. Fig. 338 zeigt eine derartige Isoliermuffe von Voigt & Haeffner. Auf diese Weise bleibt ein etwa vorkommender Isolationsfehler auf den betreffenden Beleuchtungskörper beschränkt.



Fig. 337.

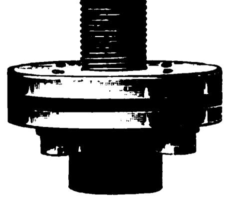


Fig. 338.

Die Zuleitungen zu den einzelnen Lampen werden bei Beleuchtungskörpern entweder äusserlich sichtbar, oder aber im Innern der röhrenförmigen Arme geführt. Im ersteren Falle müssen die Drähte so solide am Beleuchtungskörper befestigt sein, dass sie sich auf die Dauer nicht loslösen oder verschieben können. Dies geschieht entweder durch mehrfaches Umwickeln von Isolierband an einer grösseren Zahl von Stellen, besser noch mittels schmaler Streifen aus dünnem Blech, welche an die Arme durch einen Tropfen Lot befestigt und um den Draht, unter Zwischenlage eines schützenden Polsters, herumgebogen werden. Man vermeidet starke Knicke und stumpft scharfe Kanten und Grate, an denen der Draht vorübergeht, mit der Feile ab.

Zur äusseren Montierung der Leitungen an Lustres u. dergl. sind auch die Peschel'schen Ringisolatoren gut geeignet. Diese

werden an dünneren Rohren und Stäben des Beleuchtungskörpers mittels federnder Doppelhaken (Fig. 339), oder aber mit kleinen Rohrschellen befestigt, in welche Federhaken zur Aufnahme der Isolierringe eingesetzt sind (Fig. 340). Um an Teilen von grösserem Durchmesser Ringisolatoren anzubringen, dreht man in einen Draht die erforderliche Anzahl Ringe in gleichen Abständen ein, legt den so vorgerichteten Draht um den betreffenden Teil herum und befestigt ihn durch Zusammenwürgen der Enden. Fig. 341 zeigt einen nach dem Peschel'schen System mit elektrischen Leitungen versehenen Gaslustre. An die Stelle der abgeschraubten Gasbrenner sind Glühlampenfassungen gesetzt. Jeder von diesen wird der Strom durch eine besondere Doppellitze zugeleitet. Diese sind oben, unter der

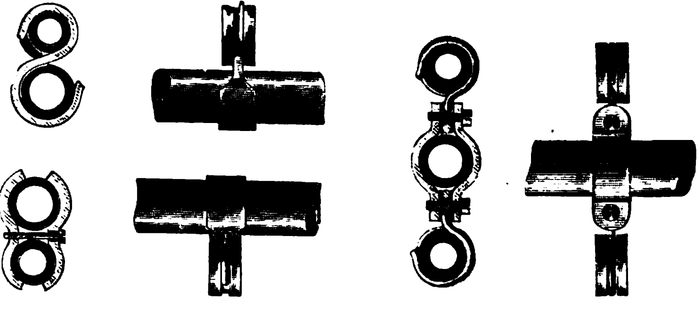


Fig. 339. Fig. 340.

Decke, mit den früher beschriebenen Ösen versehen und werden in der gleichfalls näher angegebenen Weise durch Nieten mit den Enden der Zuleitung verbunden. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Leitungen Schluss mit dem Beleuchtungskörper erhalten, ist bei dieser Art der Montage sehr gering.

Will man bei Beleuchtungskörpern, welche nicht zugleich für Leuchtgas eingerichtet sind, die Drähte in Röhrenarme einziehen, so muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass an den Ein- und Ausführungsstellen kein scharfer Grat vorhanden ist, und dass nicht mehr Drähte in ein Rohr kommen, als ohne gegenseitigen Druck lose darin Platz haben. Wird hierauf nicht geachtet, so hat man Durchscheuern der Isolierung an solchen Stellen zu gewärtigen. Man verwendet nur dick isolierte, mit einer Gummischicht versehene Drähte oder Litzen. Beleuchtungskörper, welche ausschliesslich für Glühlicht bestimmt sind, kommen heutzutage vielfach schon mit fertig eingezogenen Leitungsdrähten in den Handel. Bei Wandarmen mit Gelenken macht die Führung der Leitungen an den Gelenkstellen Schwierigkeit. Liegen dieselben im Rohre, so verwendet man am

sichersten Gelenke mit besonderen Verbindungsmuffen. Einfacher ist die äussere Führung einer biegsamen, mit Seide überklöppelten Doppel-

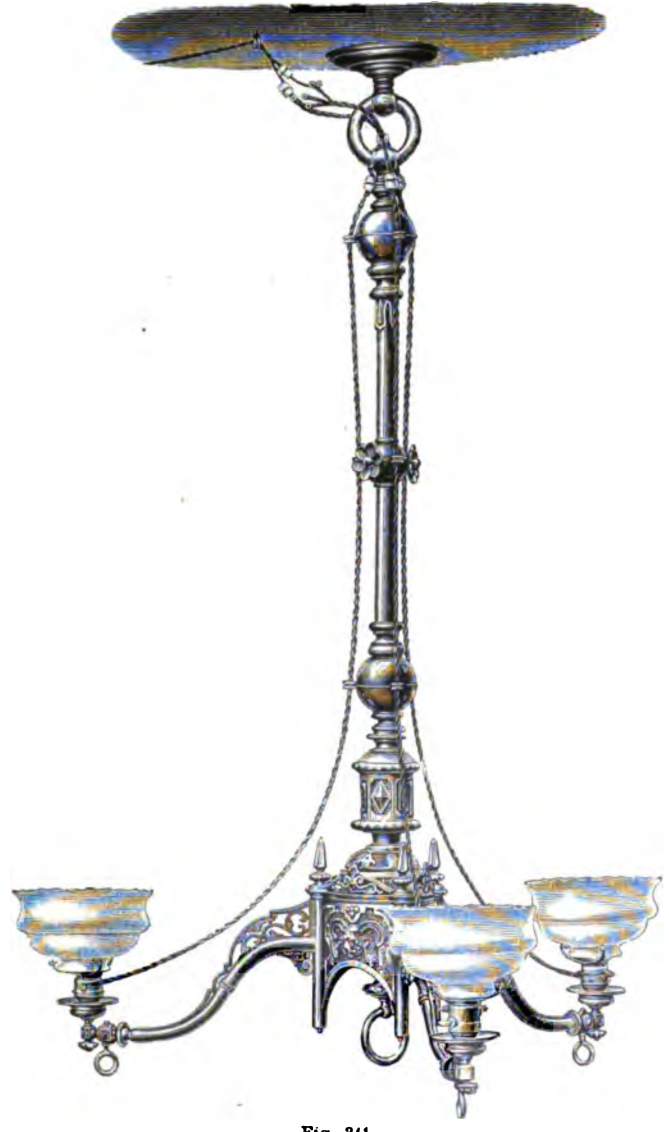


Fig. 341.

schnur, von der man an jeder Gelenkstelle ein kleines, in einen losen Bogen gelegtes Stück zugibt. Da wo die Enden der Drähte

in den Fassungen der Glühlampen festgeschraubt werden, muss ebenfalls wegen des kleinen Raumes, auf welchen die Teile zusammengedrängt sind, mit grosser Sorgfalt verfahren werden, um Kurzschlüsse und Ableitungen zu vermeiden.

Die solide und dabei rasche Ausführung der Drahtverlegungen und -verbindungen an Beleuchtungskörpern erfordert besonders zuverlässige und geübte Monteure.

Bogenlampen müssen aus den schon genannten Gründen stets von dem sie tragenden Arm, Mast oder dergl. isoliert sein, auch dann, wenn keiner der beiden Pole mit dem Körper der Lampe verbunden ist. Die Isolierung geschieht gewöhnlich durch Anbringung einer Porzellanrolle (von der in Fig. 264, No. 30—32, abgebildeten Form) am Aufhängehaken. Von der früher allgemein üblichen Aufhängung von Bogenlampen an zwei Drahtseilen, die zugleich den Strom zuleiteten, ist man ziemlich abgekommen. Die jetzt am meisten gebräuchliche Art der Zuleitung durch lose hängende, biegsame Kabel ist bereits erwähnt. Die Stellen, an welchen die letzteren in das Lampengehäuse eintreten, müssen, zur Verhütung des Durchscheuerns, mit wohlabgerundeten Hülsen aus Isoliermaterial (sogenannte Einführungstüllen aus Porzellan, Hartgummi oder dergl.) ausgekleidet sein.

V.

Hilfsapparate.

Ausschalter.

137. Die Ausschalter haben den Zweck, das Leitungsnetz einer Beleuchtungsanlage, oder grössere oder kleinere Teile desselben nach Belieben mit der Stromquelle elektrisch zu verbinden, oder solche Verbindungen aufzuheben. Es können mittels derselben also einzelne Lampen, ganze Lampengruppen, event. auch sämtliche Lampen einer Anlage zugleich, in den Stromkreis der Stromquelle eingeschaltet oder davon getrennt werden. Die Ausschalter entsprechen somit den Hähnen bei der Gasbeleuchtung. Sie finden am meisten bei Parallelschaltung der Lampen Verwendung, bei welcher man stets einzelne Lampen und Gruppen von solchen für sich aus- und einschalten können will. In Anlagen für Reihenschaltung ist nur ein Hauptausschalter für den Stromkreis erforderlich und ausserdem, falls dies gewünscht wird, eine Ausschaltevorrichtung für jede Lampe. Die letztere muss, wie früher erwähnt, eine Kurzschlussvorrichtung sein. Doch können dazu ganz dieselben Ausschalter verwendet werden wie bei Parallelbetrieb, nur dass ihre Verbindung mit der Lampe eine andere ist als im letzteren Falle und dass sie besonders gut isoliert sein müssen. Eine gesonderte Behandlung der Ausschalter, je nachdem dieselben in Anlagen für Serien- oder Parallelschaltung Anwendung finden sollen, ist hier also nicht erforderlich.

Bei Betrieb der Lampen in Parallelschaltung genügt es zum Ausschalten einer Lampe oder Lampengruppe, wenn eine der beiden zu derselben führenden Leitungshälften, z. B. nur die vom positiven Pole der Stromquelle kommende, unterbrochen wird. Es ist jedoch wünschenswert, dass nach dem Ausschalten möglichst kein Teil der hinter dem Ausschalter liegenden Leitungen u. s. w. auch nur mit einem Pol der Stromquelle Verbindung habe oder, wie man sagt, »unter Spannung stehe«. Die Gründe werden im VI. Abschnitte erörtert. Darum pflegt man heutzutage stets beide Leitungshälften zu unterbrechen, ausser wenn der auszuschaltende Stromkreis nur eine

einzelne Glühlampe enthält.[1]) Je nachdem ein Ausschalter nur einen oder aber beide Leitungsteile öffnet, wird er einpoliger oder aber zweipoliger (doppelpoliger) Ausschalter genannt.

Die Ausschalter leisten ferner gute Dienste beim Aufsuchen von Isolationsfehlern, da sie, wenigstens die zweipoligen, gestatten, das Leitungsnetz einer Anlage in eine Anzahl kleinerer, voneinander getrennter Abteilungen zu zerlegen und dadurch den Ort des Fehlers rasch auf ein enges Gebiet einzugrenzen.

Die Anforderungen, welche man an einen guten Ausschalter stellt, sind folgende:

1. Genügend grosse Berührungsfläche der Kontakt machenden Teile, damit nicht infolge erheblichen Übergangswiderstandes die Kontaktstelle sich beim Stromdurchgang zu sehr erwärme (vergl. **3** u. **4**).

2. Beim Öffnen sollen die Kontaktteile möglichst schnell auf eine grössere Strecke voneinander entfernt werden, damit der Öffnungsfunke rasch erlischt und nicht als Lichtbogen einige Zeit fortbrennt, was teilweise Schmelzung der Kontaktstücke zur Folge haben würde. Am besten geschieht das Auseinanderreissen der letzteren mit Hilfe einer Feder, die beim Schliessen des Kontaktes gespannt wird. Doch soll diese im geschlossenen Zustande des Ausschalters nicht an dem beweglichen Teile desselben ziehen, sondern erst, sobald man den letzteren von Hand um eine gewisse Strecke aus der Ruhestellung dreht, ausgelöst werden. In der Ruhelage sollen die Kontaktflächen einen beträchtlichen Druck aufeinander ausüben. Ausschalter, welche normal nur in stromlosem Zustande geöffnet werden (z. B. Hebelschalter an Schalttafeln), brauchen nicht durch Federkraft aufzuspringen.

3. Hebelgelenke der drehbaren Teile sollen möglichst nicht in den Stromweg eingeschaltet sein, da sie nicht auf die Dauer guten Kontakt gewährleisten.

4. Wenn die Kontakt machenden Teile durch eine Schutzkapsel verdeckt sind, soll aus der Stellung des Handgriffes oder sonstwie erkennbar sein, ob der Ausschalter geöffnet oder geschlossen ist.

5. Die zu dem Ausschalter gehörigen Metallteile sollen auf einer gut isolierenden und feuersicheren Sockelplatte montiert und (ausgenommen bei Schalttafeln) mit einer feuersicheren Schutzkapsel bedeckt sein.[2])

Zur Erfüllung der unter 1. genannten Bedingung muss die Grösse der Kontaktfläche der Stärke des Stromes, welcher im Maximum durch den Ausschalter hindurchgehen soll, angepasst sein. Man

---

[1]) Vergl. hierüber Passavant, ETZ 1900, S. 767.

[2]) Vergl. ferner die bezüglichen Forderungen in den »Sicherheitsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker« am Schlusse dieses Buches.

rechnet für 1 A 5—10 *qmm* Kontaktfläche. Da es kaum möglich ist, zwei Metallstücke, von denen das eine beweglich sein soll, so zu bearbeiten, dass sie sich auf einer grösseren Fläche wirklich berühren, so zerteilt man gewöhnlich das eine der beiden Kontaktstücke in eine grössere Anzahl einzeln federnder Teile. Bei Ausschaltern für starke Ströme sind dies häufig eine Anzahl hart gehämmerter, länglicher Kupferbleche von $^1/_2$ bis 1 *mm* Dicke, welche am einen Ende eingeklemmt sind und mit der Kante des freien Endes auf dem anderen, vollen Kontaktstücke schleifen (vergl. z. B. Fig. 354 u. 356). Es ist leicht zu erreichen, dass jede Feder in einer grösseren Anzahl von Punkten berührt.

Bei der Anpassung eines Ausschalters an die unter 2. aufgestellte Bedingung, dass beim Öffnen kein dauernd fortbrennender Lichtbogen soll entstehen können, kommt die Spannung, welche die zu öffnende Leitung führt, wesentlich in Betracht. Je höher diese ist, desto weiter müssen die Kontakt machenden Teile beim Unterbrechen voneinander entfernt werden, da mit zunehmender Spannung auch die Länge der Strecke steigt, auf welcher sie einen Lichtbogen dauernd zu unterhalten vermag. Bei einer und derselben Spannung macht noch der Betrag der zu unterbrechenden Stromstärke einen Unterschied. Je höher dieser, eine desto grössere Wärmemenge vermag der Unterbrechungsfunke in gleicher Zeit zu erzeugen, wodurch das Herüberbrennen eines Lichtbogens, unabhängig von der Spannung, begünstigt wird. Man kann somit sagen, dass die Gefahr eines dauernden Lichtbogens zunimmt mit »der Anzahl Watt, welche der Ausschalter im Maximum ausschalten« soll. Bei gleicher Spannung muss daher die Öffnungsweite auch mit der maximalen, zu unterbrechenden Stromstärke bis zu einem gewissen Grade vergrössert werden. Auf jedem Ausschalter soll deswegen neben der maximalen Stromstärke auch die höchste Spannung angegeben sein, für welche er benutzt werden kann. Im folgenden sind hauptsächlich nur Ausschalter für mässige Spannungen, bis etwa 250 Volt, beschrieben.

Um ein rasches, weites Öffnen beim Ausschalten zu erzielen, sind zahlreiche Konstruktionen erdacht worden. Diese haben ziemlich alle das Gemeinsame, dass das bewegliche Kontaktstück mit dem Handgriffe nicht fest verbunden ist, sondern beim Öffnen sich eine Strecke weit unabhängig von demselben bewegen kann. Wenn beim Unterbrechen der Griff von Hand gedreht wird, so geht das bewegliche Stück zunächst mit ihm, bis der Kontakt nahezu geöffnet ist. Dann aber wird das Kontaktstück, da die Reibung zwischen den Kontaktflächen beträchtlich vermindert ist, durch die überwiegende Kraft der Feder eine Strecke weit fortgeschnellt und damit der Strom unterbrochen. Der Handgriff hat bei kleineren Ausschaltern die Form

eines Gashahnes oder einer Krücke, und seine Drehachse steht senkrecht zur Grundplatte des Apparates. Bei Formen für grössere Stromstärken ist er ein einarmiger Hebel, der sich in einer zur Sockelplatte senkrechten Ebene bewegt. Solche Hebelausschalter finden hauptsächlich auf Schalttafeln Verwendung. Der Griff des Schalters soll stets aus isolierendem Material bestehen oder mit solchem überzogen sein.

138. Gewöhnliche Handausschalter. Die Handausschalter für kleinere Stromstärken, sogen. Drehausschalter oder Dosenausschalter, werden heutzutage meistens so ausgeführt, dass der Griff in einer und derselben Richtung (»rechts herum«) immer weiter gedreht werden kann, wobei dann der Kontakt bei jeder ganzen Umdrehung zweimal geschlossen und, abwechselnd damit, zweimal unterbrochen wird. Dreht man in der entgegengesetzten Richtung, so wird das bewegliche Kontaktstück durch eine Hemmung festgehalten und der Handgriff schraubt sich ab, oder »geht leer«, wie der Aufziehknopf einer Remontoiruhr. Von den vielen existierenden Formen sollen nur einige wenige hier als Muster aufgeführt werden.

Fig. 342 zeigt einen einpoligen Ausschalter der genannten Art von der »Elektr.-Akt.-Gesellschaft«, vorm. Schuckert & Co. Die Grundplatte aus Steingut trägt vier feste Messingstücke am Rande herum angeordnet. Zwei davon stehen mit der Leitung in Verbindung; die beiden anderen dienen nur als Anschläge. An dem drehbaren, ebenfalls aus Steingut gefertigten Mittelstück sind zwei Bündel aus Blattfedern befestigt. Diese sind um 90° gegeneinander versetzt, aber leitend verbunden. Beim Drehen des Handgriffes springt das Mittelstück jedesmal um 90° weiter. Dabei legen sich die Blattfedern abwechselnd gegen die mit den Zuleitungen verbundenen Messingstücke und schliessen damit die Leitung, oder gegen die beiden isolierten Anschläge, wodurch die Verbindung der beiden Leitungsteile unterbrochen wird. Beim Drehen des Mittelstückes schleifen die Federn auf den betreffenden festen Metallstücken jedesmal eine Strecke weit, bevor sie auf die nächsten springen, und halten dadurch die Kontakt machenden Teile stets blank. Die zweite Abbildung stellt den Ausschalter in geschlossenem Zustande dar.



Fig. 342.



Fig. 343.

Einen einpoligen Drehausschalter von Voigt & Haeffner, A.-G. in Frankfurt a. M., zeigt Fig. 343. Die Blattfedern schleifen hier nicht mit ihren ebenen Flächen, sondern mit ihren Stirnkanten, die beiderseitig etwas abgerundet sind. In ihren um je 90° verschiedenen Stellungen setzen sie entweder die beiden, mit Schraubklemmen versehenen Metallstücke in Verbindung, oder sie stehen frei dazwischen, wie in der Abbildung. Aus dieser ist auch die Art und Weise ersichtlich, wie das absatzweise Springen des Metallstückes mit den Kontaktfedern beim Drehen des Handgriffes zu stande kommt. Die Grundplatte ist aus Porzellan, die daneben gezeichnete Schutzkapsel aus Messingblech, wird jedoch

Fig. 345.



Fig. 344.

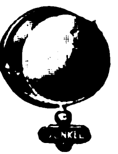


Fig. 346.

auch in Porzellan, in Bronzeguss oder imprägnierter Papiermasse ausgeführt. Die beiden Leitungsdrähte werden von unten durch die sichtbaren Löcher eingeführt. Fig. 344 zeigt die zweipolige Form. Es sind zwei Paare von Schleiffederbündeln vorhanden, welche isoliert übereinander sitzen. Das obere Paar schleift auf den höheren festen Kontaktstücken, das untere Federpaar auf den darunter befindlichen niederen Metallstücken. In der Zwischenstellung sind beide Federpaare ausser Berührung mit den festen Stücken. In der Abbildung ist der Ausschalter geöffnet und die Schutzkapsel daneben liegend dargestellt. Die Grundplatte ist aus Steingut und mit Löchern zum Einführen der vier Leitungen versehen. Das abgebildete Modell genügt für Stromstärken bis 6 A bei 250 V Spannung. Bei 110 V kann dieser Schalter und ebenso alle übrigen bis fast zur doppelten Stromstärke benutzt werden.

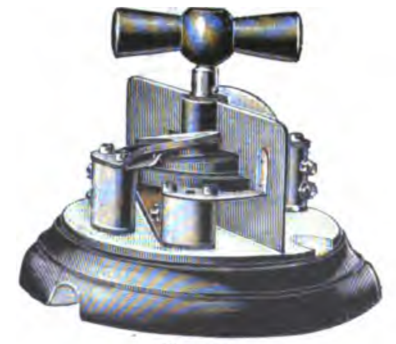


Fig. 347.

Die äussere Form der gewöhnlichen Dosenausschalter von Siemens & Halske, A.-G., ist Fig. 345 für eine Modellgrösse von 20 A bei 110 V oder 250 V abgebildet. Der Schalter kann auch bei 500 V für Stromstärken bis 6 A benutzt werden. Einen zum Ausschalten von 1—4 Glühlampen bei ca. 110 V benutzbaren Ausschalter derselben Firma zeigt Fig. 346. Auch diese Schalter sind stets rechts zu drehen. Bei Linksdrehung gehen sie leer.

Fig. 347 stellt einen zweipoligen Dosenausschalter der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft« für Spannungen bis 500 Volt dar. Die aus isolierendem Material bestehende Schutzkappe ist abgenommen. Wie ersichtlich, trennt eine isolierende Scheidewand die mit den beiden Polen der Zuleitung verbundenen Metallstücke, wodurch das Überspringen eines Flammenbogens verhütet wird. Die auf jeder Seite sitzenden beiden Metallstücke tragen Blatt-

federn, zwischen welchen sich beim Drehen des (ebenfalls isolierenden) Handgriffes ein von diesem mitgenommenes, solides Metallstück einschiebt und dadurch die von der Stromquelle kommende mit der zu den Lampen führenden Leitung verbindet. Beim Weiterdrehen des Griffes springt dieses Mittelstück um 90° herum und unterbricht, da es nun mit seiner dünnsten Stelle zwischen den Federn steht, den Kontakt.


Fig. 348.

Fig. 348 zeigt den Schalter in geschlossenem Zustande. Diese Ausschalter können bei Spannungen von nicht über 250 Volt bis zur 3fachen Stromstärke wie bei 500 Volt benutzt werden.

Fig. 349 zeigt einen zweipoligen Ausschalter von S. Bergmann & Co., der zum Einsetzen in die Dosen des Isolierröhren-Systemes (vergl. 132) bestimmt ist. Eine runde Porzellanscheibe, welche auf dem die Dose tragenden Dübel mit festgeschraubt wird, trägt vier messingene

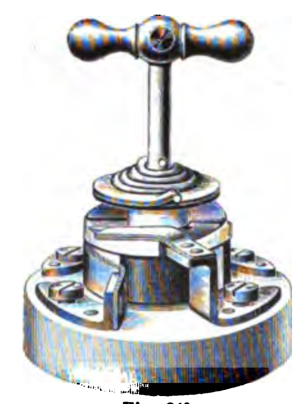

Fig. 349.


Fig. 350.

Klemmschrauben mit daran genieteten Blattfedern. Diese werden beim *Drehen* des mit Griff versehenen Mittelstückes durch dieses in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise abwechselnd in metallische Verbindung gesetzt oder *nicht*. Die Drehachse durchsetzt den metallenen Deckel der Dose, welche in fertigem Zustande Fig. 350 dargestellt ist.


Fig. 351.

Von den für mittlere und grössere Stromstärken bestimmten sogenannten Hebelausschaltern sind im folgenden mehrere Formen abgebildet. Fig. 351 stellt einen einpoligen Hebelausschalter von Voigt & Haeffner für Stromstärken bis 15 Ampère in geschlossenem Zustande dar. Das bewegliche Kontaktstück aus starkem Messingblech besitzt ∩-förmiges Profil. Beim Schliessen schiebt es sich mit seinen beiden Seiten zwischen zwei federnde, in je vier Streifen gespaltene feste Kontaktstücke, die mit den beiden Enden der Leitung verbunden sind. Beim Öffnen geht der bewegliche Teil zunächst ein Stück weit mit dem Griffhebel. Dann aber tritt eine Blattfeder in Wirk-

samkeit, die das Aufspringen unabhängig von der Bewegung des Griffes bewirkt. Die entsprechende dreipolige Form zeigt Fig. 352 in geöffnetem Zustande.

Für grössere Stromstärken führen Voigt & Haeffner ihre Hebelausschalter mit grösseren Kontaktflächen und entsprechend massiver aus. Das bewegliche Kontaktstück ist ein solides Messingstück, das sich messerartig zwischen die beiden festen, in einzelne federnde





Fig. 352.

Fig. 353.

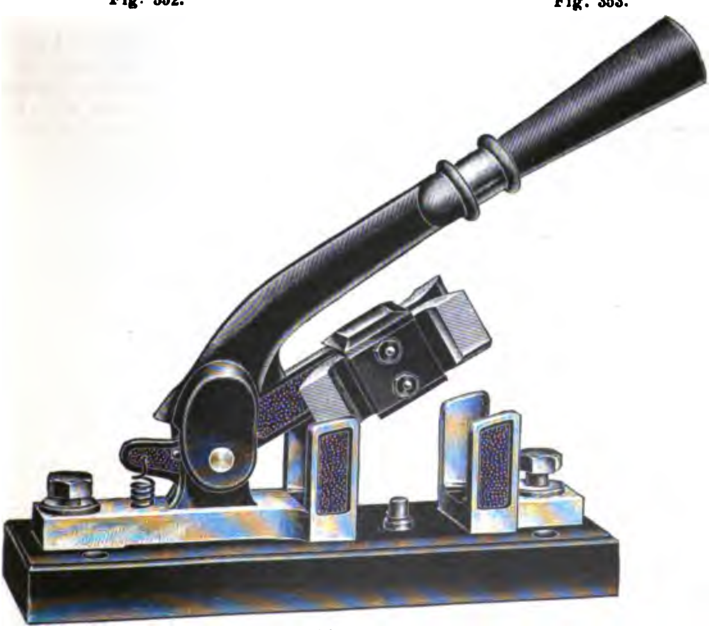


Fig. 354.

Lamellen zerteilten Kontakte einschiebt. Fig. 353 zeigt die dreipolige Form für 50 Ampère Maximalstrom bei 250 Volt. Ein einpoliger Ausschalter für 400 Ampère ist Fig. 354 dargestellt, bei welchem das bewegliche Kontaktstück aus zwei

Bündeln dünner Kupferbleche besteht, die sich beim Schliessen zwischen zwei Paare von festen, unzerteilten Kontakten einpressen. Bei den zuletzt genannten

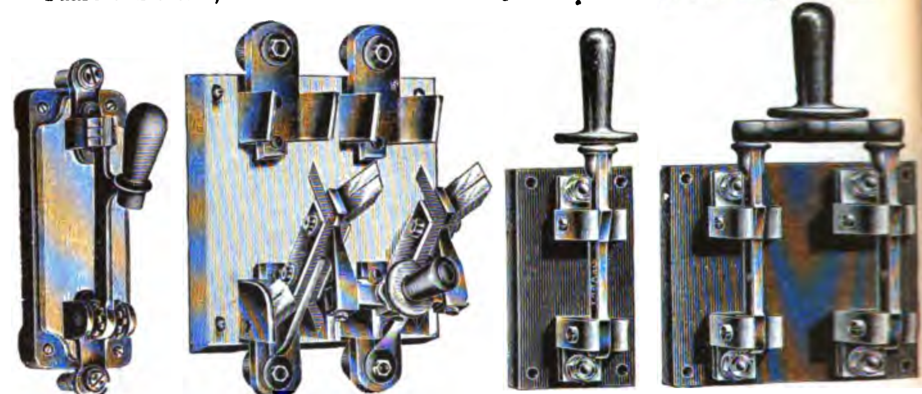


Fig. 355. Fig. 356. Fig. 357. Fig. 358.

Typen wird das Aufspringen durch eine in der Grundplatte befestigte Spiralfeder bewirkt. Die Grundplatte besteht aus Schiefer oder Marmor. Für 500 Volt Spannung dient die gleiche Konstruktion, nur werden die beiden festen Klemmstücke weiter auseinander gerückt und das Messer verlängert.



Fig. 359.

Die »Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft«, vorm. Schuckert & Co., führt Hebelausschalter für Ströme bis 200 Ampère in der Form Fig. 355 aus. Der bewegliche, messerartig gestaltete Teil greift beim Schliessen zwischen die zerteilten, federnden festen Kontaktstücke ein. Der Stromübergang am anderen Ende des beweglichen Stückes wird durch eine Anzahl um die Drehachse beiderseits im Kreise stehender, kurzer Federn vermittelt, welche beim Bewegen des Hebels auf dessen verbreiterten Endflächen schleifen. Die marmorne Grundplatte ruht auf einem Rahmen aus Gusseisen.

Für Stromstärken über 700 Ampère ist die in Fig. 356 abgebildete Konstruktion bestimmt. Hier tragen die Hebel am freien Ende und nahe dem Drehpunkt je zwei Bündel federnder Kupferbleche, welche auf ebenen Flächen der festen Kontaktteile schleifen. Die Zuführung des Stromes zu den letzteren geschieht von unten, bezw. von der Rückseite der Tafel, auf der der Ausschalter befestigt wird, durch Anschlussbolzen. Das abgebildete Modell ist zweipolig. Bei dem ein- und dem dreipoligen sind die Kontaktteile ebenso geformt.

Verschiedene Hebelausschalter von Siemens & Halske sind in Fig. 357, 358 und 359 abgebildet. Diese springen nicht auf, da sie nur zur Verwendung auf Schalttafeln bestimmt sind, wo das

Aus- und Einschalten meist bei stromlosem Zustande erfolgt. Das bewegliche Kontaktstück ist daher mit dem Handgriffe fest verbunden. Die festen Kontaktstücke bestehen bei Fig. 357 und 358 aus zwei Paar breiten Blattfedern. Zwischen einem Paare dieser Federn hat das bewegliche Stück seinen Drehpunkt. Doch wird dadurch die Güte des Kontaktes an dieser Stelle nicht beeinträchtigt, da die Blattfedern und der bewegliche Teil sich unmittelbar berühren und bei jedem Öffnen und Schliessen aneinander reiben. Diese Schalter werden ein- und mehrpolig für Stromstärken bis 400 Ampère ausgeführt und sind für Spannungen bis 500 Volt geeignet. Bei dem Schalter Fig. 359, welcher für bis 1500 Ampère bestimmt ist, besitzt jede der beiden Kontaktstellen vier Schleifflächen. Zu jeder von diesen gehören 4 feststehende Federn, sodass jedes feste Kontaktstück 16 solche Federn besitzt. Die gleiche Konstruktion wird auch mehrpolig gebaut.

Einen einpoligen Hebelausschalter für 100 Ampère bei 250 Volt von Dr. Paul Meyer, A.-G. in Berlin, zeigt Fig. 360. Das bewegliche Kontaktstück ist ein einarmiger Hebel, der in dem Griffhebel seinen Drehpunkt hat. Wie


Fig. 360.


Fig. 361.

aus der Abbildung deutlich zu ersehen, wird beim Schliessen die am hinteren Ansatze des Kontaktmessers ziehende Spiralfeder gespannt. Doch vermag sie den Schalter nicht zu öffnen, da ihr Zug fast nur parallel dem Griffhebel wirkt. Beim Bewegen des Griffes von der Grundplatte weg nimmt die Komponente des Federzuges, welche senkrecht zum Griffhebel gerichtet ist, zu und reisst bei genügend verminderter Reibung zwischen den Kontaktteilen das bewegliche Stück heraus. Für 500 Volt dient eine ähnliche Schalterform von grösserer Öffnungsweite.

Noch zu erwähnen sind die sogen. Druckknopf-Ausschalter. Drückt man einen solchen mehrmals nacheinander, so wird beim einen Drucke der Strom geschlossen, beim folgenden geöffnet, beim nächsten wieder geschlossen u. s. f. Der Knopf bewegt bei jedem Drucke ein mit wenigen Zähnen versehenes Sperrrad um 1 Zahn weiter, welches in jeder um 2 Zähne verschiedenen Stellung den Stromkreis schliesst, in den dazwischen liegenden unterbricht. Das Rad selbst nimmt an der Stromleitung keinen Teil, sondern diese wird durch ein besonderes Kontaktstück bewirkt, das auf der Achse des Sperrrades befestigt ist. Fig. 361 gibt die äussere Ansicht eines Druckknopfausschalters der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft«. Diese Apparate sind ihrer Natur nach nur zum Ausschalten einer oder weniger Glühlampen geeignet.

Ausschalter werden vielfach auch dazu benutzt, um eine Glühlampe oder eine Gruppe von solchen von mehreren verschiedenen Stellen aus nach Belieben aus- und einschalten zu können. Die Ausschalter dienen dabei zugleich als Umschalter (vergl. **141**). Fig. 362 veranschaulicht schematisch den Fall, in welchem eine Glühlampe mit Hilfe zweier einpoliger Dosenausschalter von zwei verschiedenen Stellen zu schalten ist. Die Lampe lässt sich mit jedem der

beiden Schalter beliebig ein- und ausschalten, gleichgültig, in welcher Stellung der andere Schalter sich befindet. A_1 und A_2 sind die beiden Ausschalter, L die Glühlampe. Die schwarze Zeichnung der letzteren bedeutet, dass sie ausgelöscht ist, die sternartigen Strahlen, dass sie brennt. Dreht man einen der Schalter einmal im Kreise herum, so ist die Lampe abwechselnd zweimal ein- und zweimal ausgeschaltet. Das bewegliche Kontaktstück des Schalters springt beim Drehen von einer Stellung zur nächsten weiter.

Fig. 363 zeigt im Schema die Anordnung eines Schalters, durch welchen man von drei Lampen (oder aber Lampengruppen) durch successives Weiterdrehen eine nach der anderen hinzuschalten und bei der vierten Drehung alle

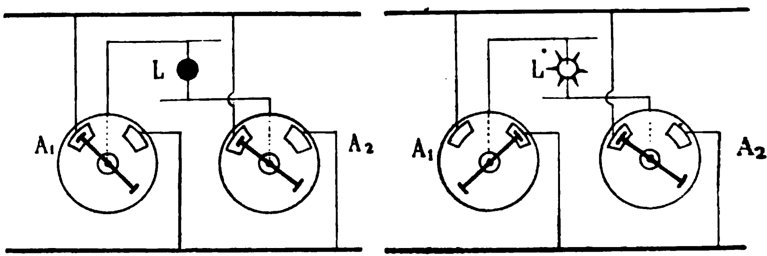


Fig. 362.

gleichzeitig ausschalten kann. Das bewegliche Kontaktstück besteht in diesem Falle aus drei verschieden langen Armen, die unter Winkeln von 90° starr miteinander verbunden sind. Die drei festen Kontaktstücke haben in radialer Richtung verschiedene Breite. Wie es zu stande kommt, dass bei Stellung 1 des Schalters eine Lampe brennt, beim Weiterdrehen nach Stellung 2 die zweite, bei Stellung 3 auch die dritte Lampe hinzukommt, während beim Drehen in

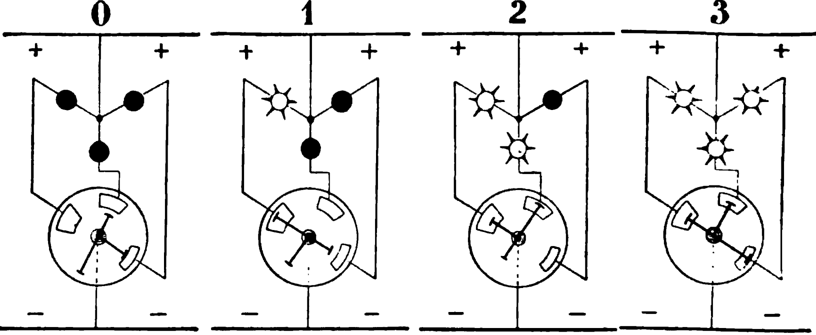


Fig. 363.

Stellung 0 alle drei erlöschen, ist nun aus der Abbildung ohne weiteres klar Statt dreier einzelner Lampen können es auch drei Gruppen von solchen sein Diese Schaltung rührt von Voigt & Haeffner her.

Es lassen sich selbstverständlich eine ganze Anzahl weiterer Anordnungen, zum Ein- und Ausschalten von Lampen in verschiedener Anzahl und von verschiedenen Stellen aus, ersinnen. (Vergl. z. B. die Preisliste No. 121 der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft«, S. 18 und 19; Schuckert & Co., Schaltapparate, S. 11.)

Die Grundplatte eines Ausschalters, welche, wie erwähnt, unverbrennlich und gut isolierend sein soll, wird gewöhnlich aus Porzellan

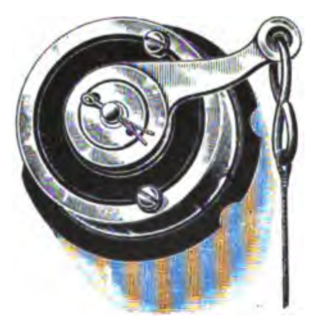
(bei kleineren Formen) oder aus einem gut isolierenden Mineral, wie Schiefer oder Marmor, hergestellt. Die Schrauben, mittels deren die Teile des Ausschalters auf der Grundplatte festgehalten werden, dürfen nicht bis auf die Unterseite dieser Platte hindurchgehen, damit sie nicht die Wände berühren und so eine Erdableitung bilden können. Gewöhnlich werden die Schraubenlöcher, nach Befestigung der Metallteile, von hinten mit einem isolierenden Kitt ausgefüllt. Grössere Ausschalter besitzen eine Grundplatte oder Rahmen aus Gusseisen, worauf erst eine Platte aus einem der genannten Isolierstoffe befestigt ist, die ihrerseits die Kontakt machenden Teile trägt. Bei Befestigung grösserer Hebelschalter auf marmornen Schalttafeln lässt man häufig die Grundplatte weg, montiert die Metallteile direkt auf der Schalttafel und bewirkt die Stromzuleitung durch sogen. Anschlussbolzen, welche die Tafel durchsetzen. Viele Fabriken richten ihre Schalter auf Wunsch für diesen Zweck her.

Die kleinsten Ausschalter sind diejenigen zum Ein- und Ausschalten einzelner Glühlampen. Die unter Fig. 346 und 361 abgebildeten Konstruktionen können z. B. für diesen Zweck benutzt werden, doch gibt es noch kleinere Formen. Sehr häufig sind dieselben in der Lampenfassung selbst angebracht, sodass man Fassungen mit Hahn und solche ohne Hahn unterscheidet. Das Einschalten einer Lampe geschieht im genannten Falle genau wie das Öffnen eines Gashahnes. Auch diese Ausschalter »springen« durch Federkraft. Die Isolierung vom Beleuchtungskörper und von der äusseren Metallhülse der Fassung geschieht durch Porzellan. Abbildungen einiger Hahnfassungen finden sich in **148** bei Besprechung der Fassungen für Glühlampen.

Die Zahl der in einer Beleuchtungsanlage anzubringenden Ausschalter ist zum Teil durch Rücksichten auf eine zweckmässige Art des Betriebes, zum Teil durch die besonderen Wünsche des Bestellers bedingt. Abgesehen von den für einzelne Glühlampen bestimmten Ausschaltern, bezw. Hähnen, werden für ganze Beleuchtungskörper (Lustres oder dergl.) Ausschalter angeordnet, die man häufig dicht neben oder wohl auch vor die Türe des betreffenden Raumes legt, um denselben nicht im Dunkeln betreten zu müssen. Ferner pflegt man (bei Parallelschaltung) für jede Bogenlampe, bezw. jedes Paar von zwei oder mehr hintereinander geschalteten Bogenlampen, stets einen besonderen zweipoligen Ausschalter vorzusehen. Einpolige Ausschalter werden, wenn überhaupt, zur gemeinsamen Ausschaltung von nicht über 10 bis 12 Glühlampen angewendet. Für grössere Stromstärken benutzt man stets zweipolige, schon weil bei diesen, da sie den Stromkreis an zwei Stellen gleichzeitig unterbrechen, kleinere Öffnungsfunken auftreten. Auf alle Fälle sollen sich am Orte

der Stromquelle doppelpolige Ausschalter befinden, durch welche die einzelnen Hauptleitungsstränge ein- oder auszuschalten sind. Man kann ferner im Leitungsnetze jede Hauptabzweigstelle ebenfalls mit einem zweipoligen Schalter versehen, ferner in grösseren Gebäuden jeder Etage und jedem Raume einen Ausschalter geben. Ob in einzelnen Zimmern oder Sälen ein bestimmter Teil der vorhandenen Lampen noch für sich besonders aus- und einzuschalten sein soll, hängt von den Bedürfnissen des Auftraggebers ab, ebenso auch häufig der Ort, an welchem die Schaltvorrichtungen anzubringen sind. Wie schon in **137** angedeutet, geht die Richtung der Installationstechnik dahin, möglichst nur zweipolige Ausschalter zu verwenden, Schalter für einzelne Glühlampen ausgenommen.

139. Ausschalter für besondere Zwecke. Die sogenannten Zug-Ausschalter sind gewöhnliche Handausschalter, die jedoch, statt durch Drehen eines Handgriffes oder Hebels, durch Ziehen an einer Schnur, nach Art der



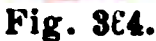


Fig. 364.



Fig. 365.



Fig. 366.

alten Klingelzüge, betätigt werden. Derartige Ausschalter werden unter Umständen nötig, wenn in künstlerisch ausgestatteten Räumen das Herabführen von Leitungen an den Wänden ganz vermieden werden soll, sodass die Ausschalter dicht unter der Decke anzubringen sind; ferner an Krankenbetten, wo eine möglichst einfache Handhabung gewünscht wird. Fig. 364 zeigt einen derartigen Apparat von Voigt & Haeffner. Die Dose enthält einen gewöhnlichen, springenden Drehausschalter von der Fig. 343 abgebildeten Form. Beim Ziehen an der Schnur wird die Achse des Apparates durch eine Sperrvorrichtung jedesmal um eine Vierteldrehung mitgenommen, beim Loslassen zieht eine besondere Feder den Winkelhebel und die Schnur zurück. Bei wiederholtem Ziehen wird der Ausschalter also abwechselnd geschlossen und geöffnet.

Die Anbringung von Ausschaltern im Freien muss so geschehen, dass möglichst alle wesentlichen Teile des Apparates den Einflüssen der Witterung entzogen sind. Also sind derartige Schalter mit geeigneten Schutzhüllen zu umgeben, in welche die Zuleitungen so eingeführt werden, dass auch an den Einführungsstellen das Eindringen von Wasser verhindert ist. Fig. 365 zeigt einen sogenannten Mastausschalter von Siemens & Halske, bestimmt, an Masten für Bogenlampen angebracht zu werden. In das gusseiserne Gehäuse werden die Leitungen durch zwei Porzellantüllen seitlich eingeführt und die Öffnungen dann mit Kitt gedichtet. Bei der Fig. 366 abgebildeten, für nasse Innenräume bestimmten Form geschieht die Stromzuführung von unten. Der erstere Ausschalter wird mittels eines Steckschlüssels bedient, sodass er vor unberufenen Händen geschützt ist. Einen für Glühlampen bestimmten Ausschalter, ebenfalls zur

Verwendung im Freien, zeigt Fig. 367 in einer Ausführung von Voigt & Haeffner. Die gusseiserne Kapsel wird durch den daneben gezeichneten aufschraubbaren Glasdeckel geschlossen und durch einen zwischengelegten Gummiring abgedichtet. Das Innere des Apparates bleibt also sichtbar, und der Deckel kann nicht mit der Gusseisenbüchse zusammenrosten. Nur die Achse des drehbaren Teiles ragt unten hervor und wird mit dem Steckschlüssel gedreht. Dieser Ausschalter ist auch zur Verwendung in nassen Räumen geeignet. Für ähnliche Zwecke verwendet die genannte Firma jetzt auch das Fig. 368 abgebildete Modell. Hier

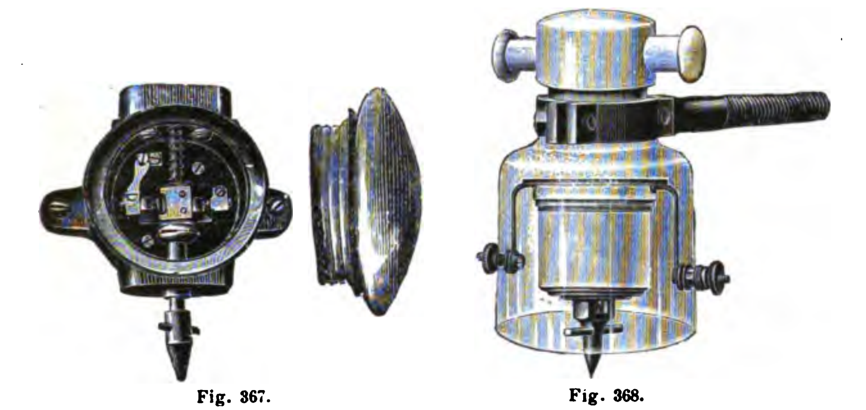


Fig. 367. Fig. 368.

ist der Ausschalter durch eine Porzellanglocke (die in der Fig. wie durchsichtig gezeichnet ist) vor Befeuchtung durch Regen u. s. w. wirksam geschützt. Einen gewöhnlichen Dosenschalter, der in eine gusseiserne Büchse wasserdicht eingeschlossen ist, zeigt Fig. 369 (Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft).



Fig. 369.

Zum Unterbrechen des Stromkreises der Magnetwickelung bei Nebenschlussmaschinen sind Ausschalter zweckmässig, durch welche verhütet wird, dass beim plötzlichen Öffnen die Isolierung der Erregerwickelung an irgend einer Stelle durchgeschlagen werde. Dies kann tatsächlich vorkommen. Bei einer plötzlichen Unterbrechung des Magnetstromkreises bei der laufenden Dynamomaschine verschwindet der Magnetismus des magnetischen Kreises, sodass die zeitliche Änderung der Kraftlinienzahl in diesem Kreise für einen Augenblick einen hohen Betrag erreicht. Da aber die Kraftlinien des magnetischen Kreises innerhalb der Magnetwickelung verlaufen, deren Windungszahl bei einer Nebenschlussmaschine viele Mal grösser ist, als die Anzahl der Ankerwindungen, so wird dadurch beim Unterbrechen des Erregerstromkreises in den Magnetwindungen vorübergehend eine elektromotorische Kraft induziert, die das Mehrfache der normalen E M K des Ankers erreichen kann (vergl. **18**, Seite 28). Die Höhe der so erzeugten »E M K der Selbstinduktion der Magnetwindungen« hängt ab von der Windungszahl und von dem Maximalbetrage der zeitlichen Änderung der Kraftlinienzahl, welcher beim Verschwinden des Magnetismus auftritt. Sie kann z. B. bei einer Nebenschlussmaschine von 100 V ganz wohl 500 V und mehr erreichen. Einer so hohen Spannung ist aber die Isolierung der Windungen unter Umständen nicht gewachsen, und sie kann infolgedessen an schwachen Stellen durchgeschlagen werden. Der dabei entstehende Funke oder Lichtbogen stellt eine dauernd bleibende metallische Verbindung einzelner Stellen der Magnetwickelung untereinander oder mit dem

Maschinengestell her, und beim nächsten Anlaufen zeigt die Maschine keinen, oder doch nicht den normalen Magnetismus.

Zur Verhütung dieser Gefahr hat die »Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft« einen sogenannten Kohlen-Ausschalter konstruiert. Dieser besteht aus einem gewöhnlichen Hebelausschalter, welchem ein zweiter Schalter, dessen Kontaktstücke aus Kohle bestehen, parallel geschaltet ist (vergl. die Schaltungsskizze Fig. 370. *D* ist die Dynamomaschine, *K* das Kohlenpaar, *H* der Hebelausschalter).

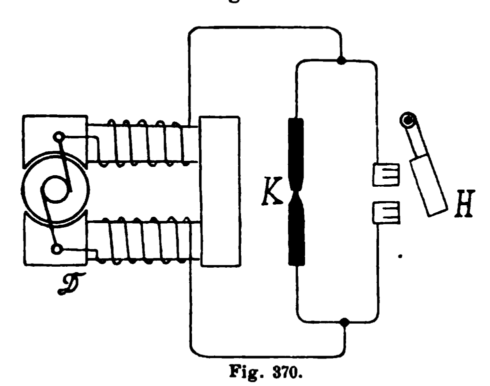
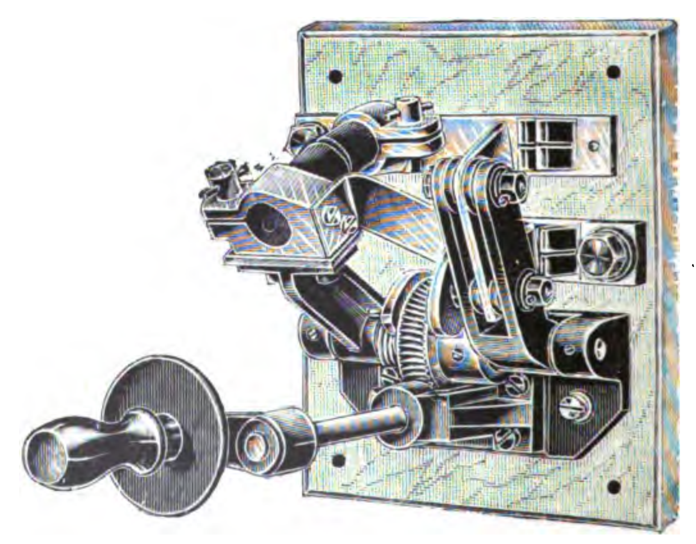


Fig. 370.

Das Öffnen dieses Schalters geschieht durch Drehen einer Kurbel. Eine auf deren Welle sitzende Schnecke greift in ein Schneckenrad, das auf der Drehachse des Ausschalters sich befindet (Fig. 371). Beim Drehen der Kurbel springt zunächst der metallene Ausschalter auf, und dann erst werden die Kohlenkontakte allmählich auseinander gezogen, bis der entstehende Lichtbogen zerreisst.

Mit zunehmender Entfernung der Kohlen steigt der Widerstand des Bogens, sodass die Stromstärke allmählich sinkt. Damit nimmt aber auch der Magnetismus


Fig. 371.

der Maschine ab. Bis der Lichtbogen endlich erlischt, ist nur noch so wenig Magnetismus vorhanden, dass die bei dessen Verschwinden auftretende EMK der Selbstinduktion der Isolation der Magnetwindungen nicht mehr gefährlich werden kann. Derselbe Ausschalter eignet sich auch für grössere Serien hintereinander geschalteter Bogenlampen.

In anderer Weise bewirkt Hermann Müller[1]) das Unterbrechen von Magnetstromkreisen. Er ordnet einen künstlichen Widerstand so an, dass er unmittelbar vor dem Öffnen des Erregerstromkreises mit den Enden der Magnetwickelung verbunden wird. In der Schaltungsskizze Fig. 372 bedeutet W_1 die Magnetwickelung, W_2 den eben genannten künstlichen Widerstand. Der letztere ist »induktionsfrei«, d. h. der Leiter, aus dem er besteht, ist so angeordnet, dass er bei Stromdurchgang kein nennenswertes magnetisches Feld erzeugt. Die beiden Ausschalter a_1 und a_2 sind zu einem einzigen Apparate in der Weise verbunden, dass a_2 unmittelbar vor dem Öffnen von a_1 zwangläufig geschlossen wird. Dadurch wird bewirkt, dass bei dem hierauf erfolgenden Öffnen von a_1 die durch den verschwindenden Magnetismus erzeugte EMK der Selbstinduktion einen Strom durch den Widerstand W_2 treibt. Dieser Strom wirkt verlangsamend auf das Verschwinden des Magnetismus, wie sich nachweisen lässt, und es kann dadurch eine so

Fig. 372.

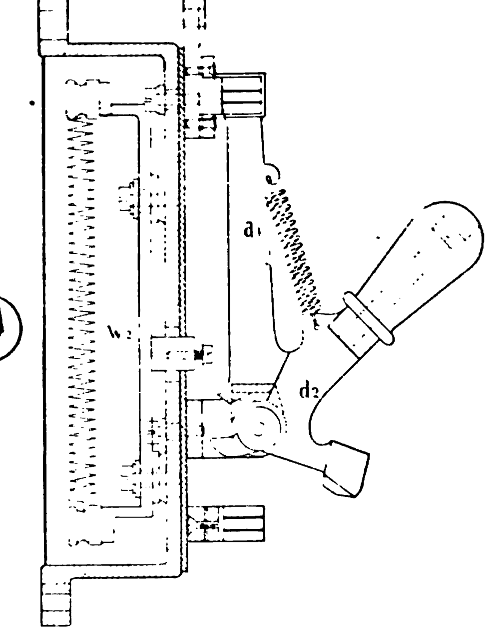


Fig. 373.

hohe Spannung wie beim plötzlichen völligen Öffnen des Magnetstromkreises nicht aufkommen. Durch Weiterdrehen des Schalthebels wird dann auch a_2 geöffnet, wobei nur noch eine unerhebliche Funkenbildung sich zeigt, als Beweis, dass eine beträchtliche Spannung nicht mehr vorhanden war. Die konstruktive Ausführung des Doppelausschalters zeigt Fig. 373. Der Widerstand W_2 liegt unter einem Schutzgehäuse.

Die vorstehend beschriebenen und noch andere Magnetkreis-Ausschalter sind wesentlich für grosse vielpolige Dynamomaschinen bestimmt.

140. Selbsttätige Ausschalter. Unter gewissen Umständen wird die Anbringung von sogen. selbsttätigen (automatischen) Ausschaltern erforderlich. Diese dienen zum Schutze von Dynamomaschinen oder von Akkumulatoren und sind, je nach dem Zwecke, welchen sie erfüllen sollen, so eingerichtet, dass sie entweder bei zu

[1]) ETZ 1894, S. 136; 1898, S. 69

hoher oder aber bei zu niederer Stromstärke den Strom unterbrechen. Sind z. B. zwei Dynamomaschinen vorhanden, welche beim Brennen aller Lampen gemeinsam, in Parallelschaltung, den Strom liefern sollen, so wird im allgemeinen bei Beginn des Betriebes, so lange erst ein Teil der Lampen brennt, nur die eine Maschine laufen. Wächst dann die Lampenzahl, so wird das Einrücken der zweiten Maschine erforderlich. Man lässt diese leer anlaufen, bis ihre EMK hoch genug gestiegen ist, und schaltet sie dann auf die Leitung (vergl. Abschnitt VI). Sinkt dabei ihre Klemmenspannung erheblich, so kann es vorkommen, dass die zweite Maschine gar keinen Strom gibt, sondern von der ersten noch welchen erhält. Damit nun die Stromstärke der ersten nicht so hoch wächst, dass ihre Ankerdrähte durchbrennen, kann man sie mit einem selbsttätigen Ausschalter versehen, der die eine Zuleitung zu dieser Maschine oder auch beide öffnet, sobald die Stromstärke über einen gewissen Betrag steigt (Maximalausschalter). Statt dessen gibt man meistens der zweiten Maschine einen selbsttätigen Apparat, der in dem Augenblicke die Verbindungsleitung derselben mit der Schalttafel öffnet, in welchem der Strom in dieser Leitung null wird (Minimalausschalter), um dann seine Richtung zu ändern, sodass die Maschine, wenn sie sich selbst überlassen bliebe, wie beschrieben, Strom empfangen würde, statt zu geben. Dadurch werden beide Maschinen vor zu hoher Stromstärke geschützt. Selbstverständlich erhält jede der parallel zu schaltenden Dynamomaschinen den gleichen automatischen Ausschalter.

Man versieht ferner stets die Ladeleitung einer Akkumulatorenbatterie mit einem selbsttätigen Unterbrecher, um das »Umschlagen des Stromes« (vergl. **66**) zu verhüten. Dieser öffnet, sobald der Strom bis unter eine gewisse Grenze gesunken ist oder null wird. In die Entladeleitung kann dagegen eine Ausschaltevorrichtung eingesetzt werden, die bei einem bestimmten Maximalstrome funktioniert und so die Batterie vor zu starker Beanspruchung schützt. Es liessen sich noch weitere Fälle anführen, in welchen die Anbringung eines selbsttätigen Ausschalters vorteilhaft oder notwendig ist. Jeder derartige Apparat ist gleichzeitig mit einem Handgriffe versehen, um den Stromkreis auch von Hand schliessen oder öffnen zu können. Von der grossen Zahl der einschlägigen Konstruktionen seien einige wenige hier beschrieben.

Fig. 374 zeigt einen selbsttätigen Ausschalter von Dr. Paul Meyer, A.-G., der zum Schutze von Dynamomaschinen bei Akkumulatorenbetrieb bestimmt ist. Es ist ein sogen. Minimalausschalter, der beim Sinken der Stromstärke unter eine gewisse Grenze wirkt. Eine mit Eisenkern versehene Drahtspule ist um eine horizontale Achse drehbar, die durch eine Verlängerung der Endflanschen der Spule geht. Die Enden ihrer Drahtwickelung stehen in Form zweier blanker, amalgamierter Kupferdrähte nach hinten heraus. Bei der abgebildeten Stellung tauchen sie in zwei metallene, mit Quecksilber gefüllte Näpfe, welche in die

Stromleitung eingeschaltet sind. Durch Vermittelung der Drahtspule ist so der Stromkreis geschlossen. Dadurch wird der Eisenkern der Spule magnetisch und hält sich an zwei eisernen Ansätzen des Gestelles fest. Sinkt die Stromstärke auf etwa $^1/_{10}$ der normalen, so überwiegt die Schwere der nach vorn überhängenden Spule und



Fig. 374.

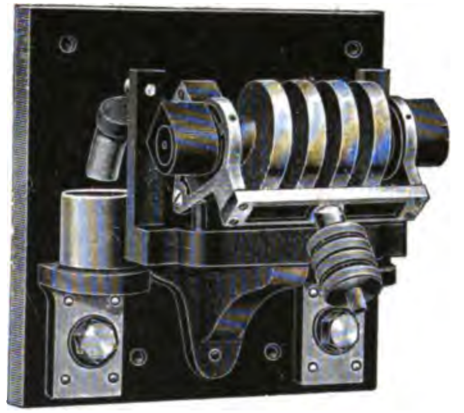


Fig. 375.

diese fällt herab, wobei durch Herausheben der Kupferstifte aus dem Quecksilber der Strom unterbrochen wird.

Selbsttätige Minimalausschalter mit derartigen Quecksilberkontakten werden von zahlreichen Fabriken und für Stromstärken bis zu 400 A ausgeführt. Von etwa 100 A ab pflegt man statt der gewickelten Drahtspule eine solche aus blankem Kupfer mit Luftisolation zu verwenden (Fig. 375). Das regulierbare Gegengewicht gestattet Einstellung auf verschiedene Minimalstromstärken.

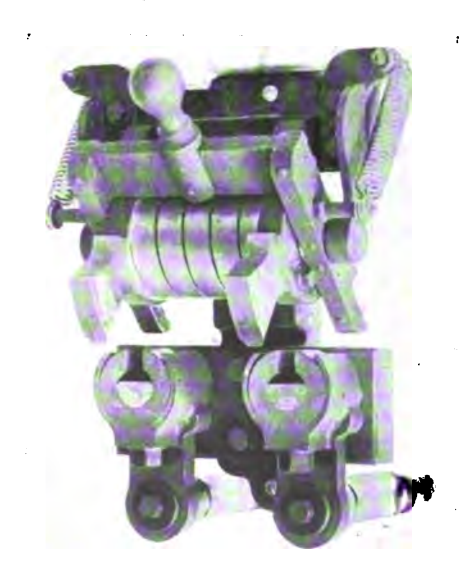


Fig. 376.

Der selbsttätige Ausschalter von Hermann Müller, der von der Elektr.-Akt.-Ges., vorm. Schuckert & Co., gebaut wird, ist in Fig. 376 abgebildet. Bei der Konstruktion ist angestrebt, dass der Apparat erst bei einer möglichst niedrigen Stromstärke in Tätigkeit treten, dann jedoch den Stromkreis mit einem schnellen Rucke öffnen soll. Auch bei diesem Apparate besitzt der Elektromagnet nur eine einzige Spule, die um eine horizontale Achse drehbar ist. Um Quecksilberkontakte zu vermeiden, sind die Enden der Wickelung mit zwei Kontaktstücken verbunden, welche sich beim Schliessen des Ausschalters messerartig zwischen fest angebrachte Bündel von Kupferfedern einschieben. Die beiden Ansätze des Elektromagnetkernes, welche dessen Pole darstellen, sind vorn durch den die

Handhabe tragenden Bronzebügel verbunden und besitzen nach hinten herausragende Vorsprünge. Die letzteren legen sich beim Schliessen des Ausschalters hinten an Eisenteile des Gestelles und halten sich bei genügender Stromstärke da fest. In diesem Zustande des Apparates sind die beiden in der Abbildung rechts und links sichtbaren, kräftigen Spiralfedern gespannt. Der Zug, den sie dann auf den drehbaren Elektromagnet ausüben, ist jedoch nur mässig, da sie, wie leicht ersichtlich, nur an einem ganz kurzen Hebelarm angreifen. Infolgedessen vermögen sie die Polstücke erst bei einem relativ sehr geringen Betrage des Magnetismus von ihrem Anker abzureissen. Sobald dies aber geschieht und das bewegliche System in Drehung kommt, nimmt die wirksame Länge des Hebelarmes, an dem die Federn ziehen, rasch zu, sodass eine beträchtliche Kraft entwickelt wird. Erst wenn der aus der Spule mit Endansätzen und Handgriff bestehende bewegliche Teil dadurch einen hohen Betrag von lebendiger Kraft erreicht hat, schlägt er in der aus der Abbildung erkennbaren Weise gegen den bis dahin noch unbewegten eigentlichen Ausschalter, wodurch dieser mit einem starken Rucke aus seinen Kontakten herausgerissen wird.

Wenn man einen der im vorstehenden beschriebenen »Minimalausschalter« bei Akkumulatorenbetrieb verwendet, so schaltet man die Elektromagnetwickelung in den Ladestromkreis, und der Querschnitt der Drahtwindungen sowie die Kontaktflächen des Ausschalters müssen der Ladestromstärke entsprechend bemessen sein. Doch lassen sich derartige Apparate auch so anordnen, dass sie nicht durch das Abnehmen des Ladestromes, sondern durch das Sinken der Klemmenspannung der Dynamomaschine in Tätigkeit gesetzt werden. Der Elektromagnet erhält in diesem Falle eine Wickelung aus feinem Drahte, deren Enden mit den Klemmen der Maschine, also parallel zum Ladestromkreise, verbunden werden. Die Einrichtung solcher Apparate, die jedoch wenig benutzt werden, stimmt bis auf die Wickelung mit der oben beschriebenen überein.



Fig. 377.

Ausser den am häufigsten angewendeten Minimalausschaltern kommen für gewisse Zwecke, wie erwähnt, auch **selbsttätige Maximalausschalter** zur Verwendung, d. h. Apparate, welche einen Stromkreis unterbrechen, wenn die Stromstärke eine gewisse Grenze nach oben überschreitet. Man schützt auf diese Art, wie bereits bemerkt, z. B. eine Akkumulatorenbatterie zuweilen gegen zu hohes Anwachsen der Entladestromstärke, oder eine Dynamomaschine, welche einen Stromkreis mit Lampen in Serienschaltung speist, gegen zu starke Beanspruchung.

Die Konstruktion der selbsttätigen Starkstromausschalter kann im wesentlichen die gleiche sein wie die der Minimalausschalter. Nur muss die Verbindung des elektromagnetischen Teiles mit dem eigentlichen Ausschalter so gewählt sein, dass der letztere beim Anwachsen statt beim Abnehmen des Magnetismus in Tätigkeit tritt.

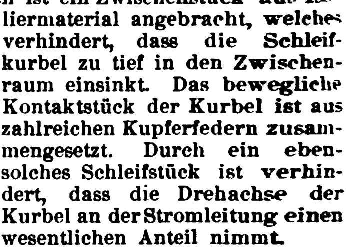
Fig. 377 zeigt den automatischen Maximalausschalter von Dr. Paul Meyer, A.-G. Über einem gewöhnlichen Hebelausschalter mit Springmechanismus ist eine Drahtspule mit Eisenkern und eisernen Polvorsprüngen befestigt. Unterhalb der letzteren liegt ein beweglicher eiserner Anker. Dieser bleibt, so lange die zulässige Stromstärke nicht überschritten wird, in der abgebildeten unteren Stellung und hält dabei mittels einer vorspringenden Nase den Ausschalter in der geschlossenen Stellung fest. Überschreitet der Strom die normale Grenze, so zieht der Elektromagnet seinen Anker nach oben und dieser gibt den Ausschalter frei, der nun durch Federkraft aufspringt. Durch ein am Anker verstellbar befestigtes Gegengewicht kann die maximale Stromstärke etwas reguliert werden.

Umschalter.

141. Es tritt häufig das Bedürfnis auf, eine Leitung nach Belieben mit einer von mehreren anderen zu verbinden, den Strom einer Dynamomaschine bald in eine Akkumulatorenbatterie, bald in die Verbrauchsleitung zu senden, ein Messinstrument je nach Bedarf in verschiedene Stromkreise nacheinander einzuschalten, u. s. f. Solchen Zwecken dienen die sogen. Umschalter. Sie ermöglichen, durch Bewegung eines Hebels oder dergl., die gewünschte Änderung in den Stromverbindungen rasch auszuführen. Je nachdem nur einer oder mehrere Leitungsteile in ihrer Verbindung mit anderen Stromkreisen verändert werden, kann man einpolige und mehrpolige Umschalter unterscheiden. Ein Umschalter enthält hiernach einen oder mehrere bewegliche Teile, die mit dem einen bezw. mit mehreren Polen der Leitung ein- für allemal verbunden sind, sowie eine Anzahl feststehender Kontaktstücke, welche je nach der Stellung der beweglichen Teile mit diesen in Berührung sind oder nicht. Die Bedingungen guter Isolierung und Unverbrennlichkeit für die Unterlagplatte gelten hier ebenso wie bei den Ausschaltern. Dagegen erfolgt die Verstellung der beweglichen Teile meistens von Hand, ohne Mitwirkung von schnappenden Federn. Je nach der Zahl und Art der Verbindungen, welche mit Hilfe eines Umschalters sollen hergestellt werden können, ist die Einrichtung desselben verschieden. Die Zahl der vorkommenden Konstruktionen ist dementsprechend sehr gross, sodass sie hier nicht im einzelnen besprochen werden können. Nur einige einfachere Formen seien genannt.

Fig. 378 stellt einen einpoligen Umschalter, für mässige Stromstärken, von Voigt & Haeffner, A.-G., dar, mittels dessen ein Teil des Stromkreises nach Belieben mit einem von zwei anderen verbunden werden kann. Von dem ersteren wird eine Leitung zu der Kurbel geführt; die beiden übrigen sind mit

den beiden festen Kontaktstücken in Verbindung, auf welche die Kurbel sich aufschieben lässt. Zwischen den beiden letzteren ist ein Zwischenstück aus Isoliermaterial angebracht, welches verhindert, dass die Schleifkurbel zu tief in den Zwischenraum einsinkt. Das bewegliche Kontaktstück der Kurbel ist aus zahlreichen Kupferfedern zusammengesetzt. Durch ein ebensolches Schleifstück ist verhindert, dass die Drehachse der Kurbel an der Stromleitung einen wesentlichen Anteil nimmt.



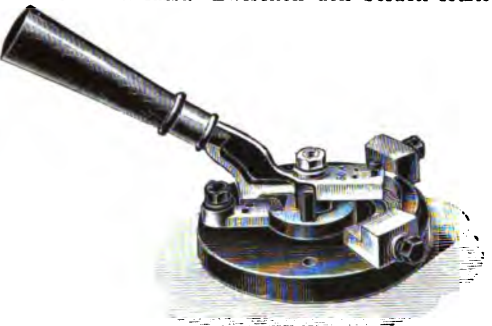


Fig. 378.

Einen **einpoligen Umschalter ohne Stromunterbrechung** von Dr. Paul **Meyer**, A.-G., veranschaulicht Fig. 379. Dies ist ein sogen. Ladeumschalter, der bestimmt ist, eine Dynamomaschine bald auf Ladung der Akkumulatorenbatterie, bald direkt auf die Verbrauchsleitung

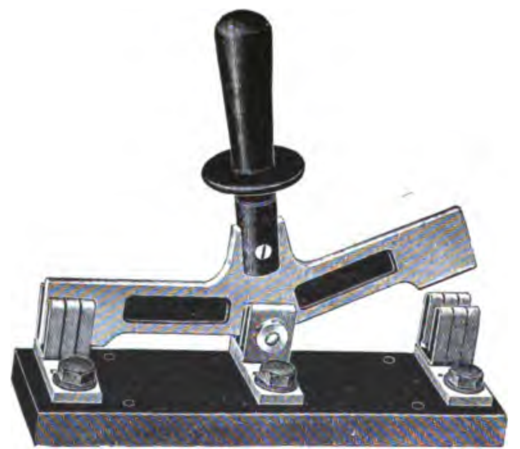


Fig. 379.



Fig. 380.



Fig. 381.

zu schalten (und entspricht somit dem Teile *U* in Fig. 162, Seite 174). Die Enden der bezüglichen Leitungen werden unter die in der Abbildung sichtbaren Klemmen geschraubt.

Fig. 380 zeigt einen zweipoligen Umschalter für 15 A von Voigt & Haeffner. Die beiden Hälften jedes beweglichen Kontaktteiles bilden ein Stück. Öffnet man, so bewirken Blattfedern, dass der bewegliche Teil auch symmetrisch zu den festen Kontakten geöffnet stehen bleibt.

Siemens & Halske stellen zweipolige Umschalter für bis 400 A in der Form Fig. 381 her. Die Konstruktion der Kontakt machenden Teile ist der des Ausschalters Fig. 359 derselben Firma nachgebildet. Ebenso wie dort wird der Stromübergang zu den beweglichen Teilen nicht durch die Achslager, sondern durch Bündel von Schleiffedern bewirkt. Beim Umschalten ist der Hebel um 180° zu drehen.

Von der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« werden Hebelumschalter in der Art ausgeführt, wie Fig. 382 es für die zweipolige Form darstellt. Die an dem Umschlaghebel sitzenden Kontaktstücke verbinden entweder die beiden auf der Grundplatte ganz unten oder die ganz oben befindlichen Federkontakte mit





Fig. 382.



Fig. 383.

je zwei ebensolchen, mehr nach der Mitte des Apparates zu angebrachten Kontakten, welch letztere paarweise, wie sie zum gleichen Pol gehören, je auf einer mit Zuführungsklemme versehenen Schiene montiert sind. An der oberen sowie an der unteren Kontaktstelle ist zwischen den für den positiven und für den negativen Pol bestimmten Federbündeln ein Steg auf feuerbeständigem Isoliermaterial angebracht, welcher verhindert, dass beim Ausschalten des Apparates unter Strom aus dem Öffnungsfunken sich ein von der positiven nach der negativen Seite herüberspringender Lichtbogen entwickle.

Die in Fig. 381 und 382 abgebildeten Umschalter können dazu dienen, eine und dieselbe Verbrauchsleitung nach Belieben durch die eine oder die andere von zwei Dynamomaschinen zu speisen. In diesem Falle schliesst man die Verbrauchsleitung an die beiden mittleren, die eine Dynamomaschine an die oberen, die andere an die unteren Kontaktstücke an.

Viel gebraucht sind die sogen. Voltmeter-Umschalter, mittels welcher man einen und denselben Spannungsmesser an verschiedenen Stellen einer Schaltung ansetzen kann. Man kommt so mit einem einzigen Messinstrumente aus, durch welches man, je nach Stellung des Umschalters, die Spannung an den Klemmen einer oder einer anderen Dynamomaschine, oder an den Polen einer Akkumulatorenbatterie oder an einer Verbrauchsleitung u. s. w. misst.

Fig. 383 zeigt einen derartigen Apparat in einpoliger Ausführung von Dr. Paul Meyer. Eine Klemme des Spannungsmessers ist mit der Kurbel, je ein Pol der verschiedenen Teile der Anlage, an denen man die Spannung messen will, mit den einzelnen festen Kontaktstücken in Verbindung. Mit ihrem zweiten Pole müssen die betreffenden Teile ein- für allemal untereinander und mit der zweiten Klemme des Spannungsmessers verbunden sein. Dieser Fall trifft z. B. zu beim Akkumulatorenbetriebe in reiner Parallelschaltung mit der Dynamomaschine (vergl. die Schaltungsskizzen Fig. 162 und 163, S. 174 und 176). Einen zweipoligen Voltmeterumschalter derselben Firma stellt Fig. 384 dar. Mit den beiden bogenförmigen Metallstücken sind die Klemmen des Spannungsmessers verbunden. Der mittels Handhabe drehbare Hebel setzt von den oben und unten angebrachten fünf Kontaktstücken zwei diametral einander gegenüberstehende mit den beiden Bogenstücken in Verbindung. Zu jedem dieser zusammengehörigen Paare von Kontaktstücken sind Drähte von einer der Stellen aus gezogen, an welchen die Spannung soll gemessen werden können.

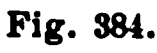


Fig. 384.


Fig. 385.

Von Umschaltern für besondere Zwecke sei noch erwähnt zunächst der sogen. Reihenschalter für Akkumulatorenbetrieb. Dieser Apparat ermöglicht, bei nicht hinreichender Klemmenspannung der ladenden Dynamomaschine, die Zellen der Batterie zur Ladung in zwei Hälften parallel, zur Entladung dagegen wieder alle hintereinander zu schalten (vergl. **72** und Fig. 164, *C*). Die »Akkumulatorenfabrik, A.-G.«, führte einen Reihenschalter für den genannten Zweck in der Fig. 385 abgebildeten Konstruktion aus. Die vier Klemmen werden mit den Polen der beiden Batteriehälften verbunden. Je nachdem man den Hebel nach rechts oder nach links dreht, sind die letzteren parallel oder in Serie geschaltet. In der in der Abbildung gezeichneten Mittelstellung ist die Verbindung zwischen den beiden Zellengruppen unterbrochen. Die beiden nicht mit Klemmen versehenen Bogenstücke bestehen aus Isoliermaterial.

Endlich wurde in **111** ein Umschalter genannt, welcher in grösseren Anlagen für Bogenlicht in Reihenschaltung, welche mehrere Dynamomaschinen besitzen und bei denen die Bogenlampen in mehreren Stromkreisen angeordnet sind, Verwendung findet. Der Umschalter soll gestatten, jeden der vorhandenen Stromkreise nach Belieben durch jede der Dynamomaschinen speisen zu können. Ein derartiger Apparat ist der sogen. Generalumschalter von Siemens

& Halske, der in Fig. 386 von oben gesehen, in Fig. 387 im Längsdurchschnitt abgebildet ist. Er besteht aus zwei je für sich parallelen, gegeneinander aber rechtwinklig sich überkreuzenden und durch eine dazwischen gelegte Holzplatte voneinander isolierten Lagen von Messingschienen. Die hier abgebildete Form besitzt in jeder Lage 6 solche Schienen, die mit *A*, *B*, . . . *F* bezw. mit 1, 2, . . . 6 bezeichnet sind; doch wird der Apparat auch mit einer geringeren Anzahl Schienen ausgeführt. Von jeder der unteren Schienen *b* (Fig. 387) gehen 6 Metallsäulchen *a* aus, welche die Holzplatte durchsetzen, zwischen den oberen Schienen emporragen und nahe dem oberen Ende mit einem Einschnitte versehen sind. Ebenso trägt jede obere Schiene 6 Metallzapfen *c*, von denen jeder neben einem der Säulchen *a* steht. Von jeder der vorhandenen (Serien-) Dynamomaschinen ist der eine Pol mit dem gleichnamigen Pole der übrigen Maschinen und zugleich mit dem einen Ende sämtlicher Lampenstromkreise verbunden. Die freien Pole der (in unserem Falle 6) Dynamomaschinen sind zu den unteren Schienen *A*, *B* . . . *F*, die freien Enden der Lampenkreise zu den oberen Schienen 1, 2, . . . 6 geführt. Diese Schaltung ermöglicht, die einzelnen Maschinen beliebig mit den verschiedenen Lampengruppen zu verbinden dadurch, dass man die betreffenden Schienen in Kontakt bringt. Dies geschieht durch Aufstecken des Handgriffes *S* auf den entsprechenden Zapfen *c*, worauf man diesen Griff niederdrückt und dabei durch eine Vierteldrehung den unterhalb desselben befindlichen exzentrischen Ansatz in den Ausschnitt des daneben befindlichen Säulchens *a* eingreifen lässt. Durch den Aufwärtsdruck der im Griffe *S* befindlichen Spiralfeder wird zwischen der gewünschten oberen und unteren Schiene ein sicherer Kontakt hergestellt. In Fig. 386 ist Schiene *A* mit 6, *B* mit 5, . . . *F* mit 1 verbunden dargestellt. Der hier abgebildete Umschalter kann auch Verwendung finden, wenn noch keine 6 Dynamomaschinen und keine 6 Stromkreise vorhanden sind. Er reicht dann bei einer entsprechenden Erweiterung der Anlage aus.

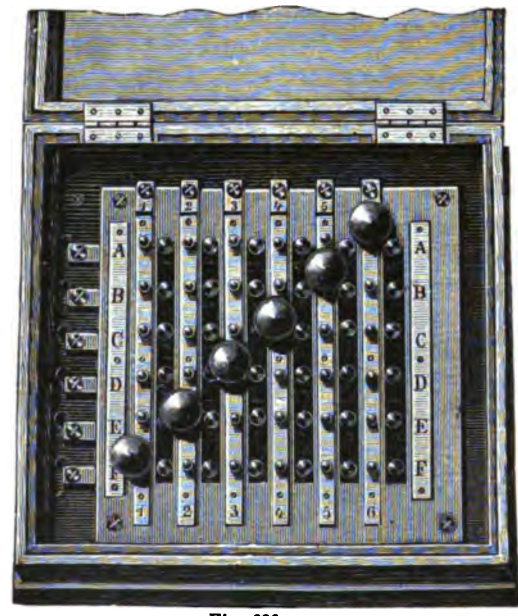


Fig. 386.

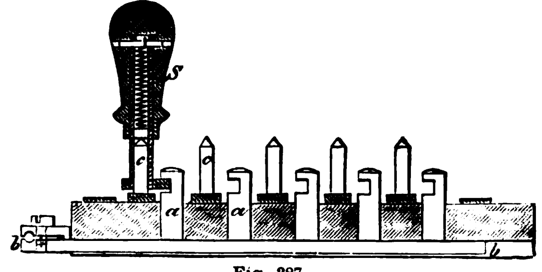


Fig. 387.

Zellenschalter.

142. Eine besondere Klasse von Umschaltern bilden die Zellenschalter für Akkumulatorenbetrieb. Der Zweck- und das Konstruktionsprinzip dieser Apparate wurde bereits unter **68** eingehend erläutert. Die neueren Formen enthalten durchweg nur noch einen Zwischenwiderstand für jeden Kontakthebel. Dieser Widerstand wird dann, wie früher gezeigt, meistens an dem Hebel selbst befestigt, sodass er mit diesem fortbewegt wird. Die sogenannten Zwischenkontakte fallen damit weg und sind durch passende Stücke aus Isoliermaterial oder durch isolierte Metallstücke ersetzt. Die Grundplatten für Zellenschalter werden durchweg aus feuersicherem Material, vorwiegend Schiefer oder Marmor, hergestellt und eventuell noch auf einem gusseisernen Rahmen montiert.

Von den zahlreichen im Handel befindlichen Konstruktionen von einfachen und doppelten Hand-Zellenschaltern sind im folgenden einige aus deutschen Fabriken stammende beschrieben. (Beschreibungen von selbsttätigen Zellenschaltern wurden schon im Abschnitte über Fernspannungsregulierung, unter **122** gegeben.)



Fig. 388.

Fig. 388 zeigt einen Einfach-Zellenschalter der »Akkumulatorenfabrik, Aktien-Gesellschaft,« für 13 Schaltzellen. Die Zwischenstücke zwischen den Zellenkontakten bestehen aus Isoliermaterial. Der Zwischenwiderstand aus Neusilberdraht, der in Spiralform gewickelt ist, ist deutlich sichtbar. Von dem Hauptschleifkontakt (*K* in der schematischen Fig. 161, S. 171) geht der Strom nicht durch Vermittelung der Drehachse des Apparates zur Verbrauchsleitung, hierzu dient vielmehr ein besonderer, in der Abbildung nach unten gerichteter Schleifhebel, der auf dem inneren, ringförmigen Metallstück schleift. Das Ganze ist auf einer Schieferplatte montiert.

Ein kleiner Zellenschalter einfachster Art, von Voigt & Haeffner, ist Fig. 389 abgebildet. Auch bei diesem ist der Zwischenwiderstand eine Neusilberspirale. In die halbrunden Vertiefungen, welche in dem inneren Metallringe sichtbar sind, drückt sich eine mit der Kurbel verbundene federnde Nase jedesmal dann etwas ein, wenn beim Verstellen der Hauptkontakt gerade in der Mitte eines der festen Zellenkontaktstücke angelangt ist, wodurch das Anhalten des drehbaren Teiles in der richtigen Stellung gesichert wird.

Einen Doppel-Zellenschalter derselben Firma stellt Fig. 390 dar. Die Kontaktstücke nehmen nur einen Teil des Kreisumfanges ein. Der längere,

aussen schleifende Hebel wird durch das Handrad, der kürzere durch den schräg stehenden Handgriff bewegt. Die beiden Zwischenwiderstände sind

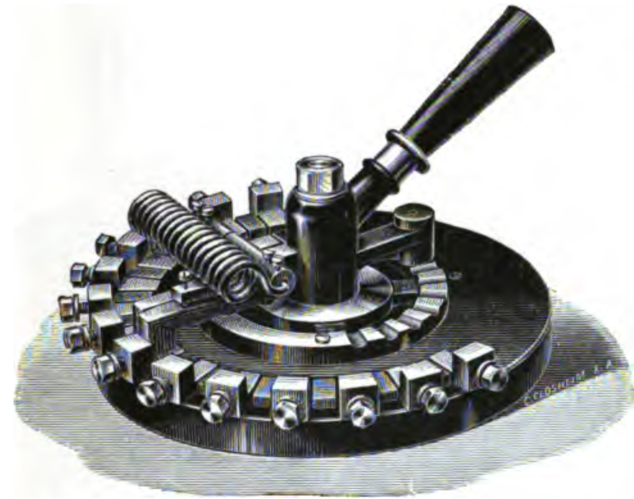


Fig. 389.

deutlich zu erkennen, ebenso die Art und Weise, wie bei beiden Hebeln die richtige Stellung auf den einzelnen Kontaktstücken durch Einschnappen einer

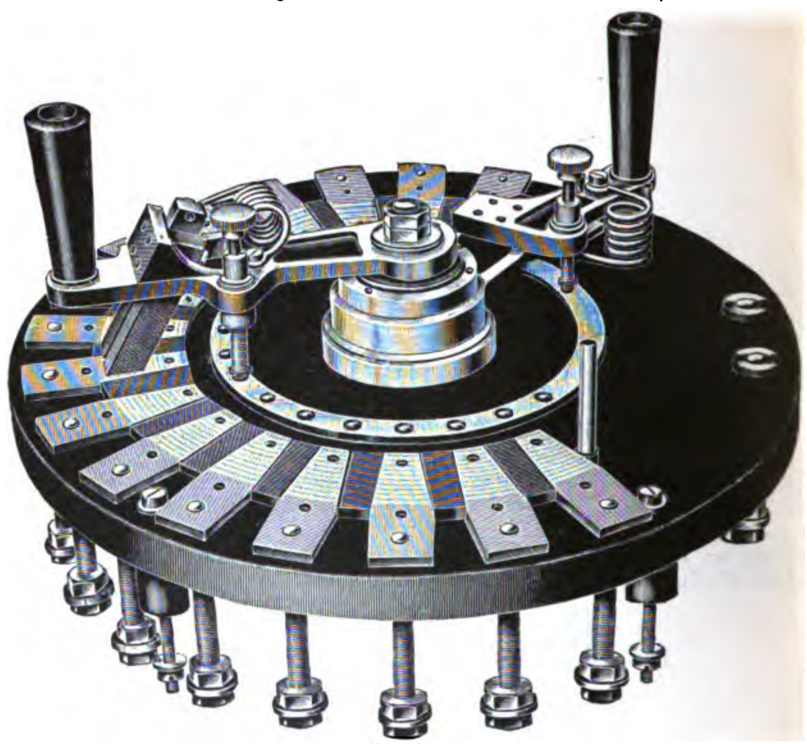


Fig. 390.

federnden Klinke in die halbrunden Einschnitte des äussersten bezw. des innersten Randes markiert wird.

Bei dem Doppel - Zellenschalter von Dr. Paul Meyer, A.-G., Fig. 391, sind die Zwischenräume zwischen den festen Zellenkontakten durch Glasstücke

ausgefüllt. Ausser den beiden Zwischenwiderständen sind in der Abbildung zwei mit randerierten Köpfen versehene Parierstifte sichtbar, welche durch



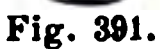


Fig. 391.



Fig. 392.

federndes Einschnappen in Löcher die richtige Stellung der beiden Schleifkurbeln auf den Zellenkontakten fixieren. Nach hinten treten aus der schiefernen Grundplatte Schraubenbolzen heraus, welche man auf der Hinterseite der Schalttafel mit den Leitungen von den Schaltzellen verbindet.

Bei dem runden Doppel-Zellenschalter von Siemens & Halske werden die beiden Schleifkurbeln, welche sich über die Zellenkontakte bewegen, durch zwei konzentrische Handräder gedreht (Fig. 392). Die Zwischenwiderstände werden bei diesem Apparate nicht mit den Schleifhebeln im Kreise herumbewegt, sondern sitzen fest zwischen je zwei konzentrischen Ringen, von denen das eine Paar ausserhalb,

das andere Paar innerhalb der Zellenkontakte angebracht ist (vergl. die Fig.). Auf diesen schleifen je zwei besondere federnde Schleifstücke, welche je mit dem Haupt- und dem Nebenkontakte der betreffenden Schleifkurbel elektrisch verbunden sind und mit dieser zusammen gedreht werden. Die Grundplatte besteht aus Schiefer.

Einen Doppel-Zellenschalter mit geradliniger Anordnung der Kontaktstücke, welche für grössere Stromstärken bestimmt sind, zeigt Fig. 393 in einer Ausführung der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft«. Die Bewegung der Kontaktschlitten geschieht mittels Schraubenspindeln, die durch Kurbeln gedreht werden. Die Zwischenwiderstände sitzen an den Schlitten und sind aus Streifen von Neusilberblech spiralig gewunden.

Diese Art der Bewegung der Kontaktschlitten wurde zuerst bei den von Herm. Müller konstruierten Zellenschaltern der »Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft, vorm. Schuckert & Co.,« angewendet. Bei den Modellen dieser Art für hohe Stromstärken (von 200 Ampère ab) bringt Herm. Müller eine Vorrichtung an, welche verhütet, dass die Zellenkontakte und Schleifstücke durch Funkenbildung beim Verstellen allmählich beschädigt werden. Wie aus 68

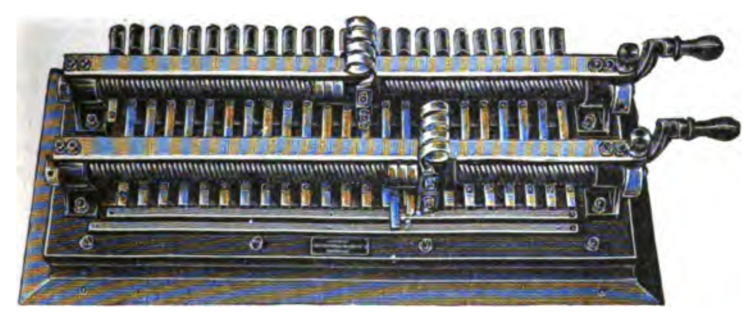


Fig. 393.

zu ersehen, wird beim Verschieben der Kontakte jede aus- oder einzuschaltende Zelle vorübergehend durch den Zwischenwiderstand geschlossen und der diesen durchfliessende Strom dann wieder unterbrochen. Es ist nicht zu vermeiden, dass beim Unterbrechen Funkenbildung an der Öffnungsstelle auftritt, die bei Zellenschaltern für starke Ströme die Kontaktteile allmählich nicht unerheblich angreift, sie rauh und schliesslich unbrauchbar macht. Bei grossen Zellenschaltern sind aber die dadurch notwendig werdenden Reparaturen kostspielig und zeitraubend. Deswegen verbindet Herm. Müller mit dem Zellenschalter einen besonderen Ausschalter, den sogen. Funkenentzieher, der den Schluss der betreffenden Zelle durch den Zwischenwiderstand jedesmal einen Augenblick früher unterbricht, als der bezügliche Schlittenkontakt es tun würde. Die Betätigung der Ausschaltvorrichtung erfolgt zwangläufig durch das Drehen der Zellenschalterspindel. Dadurch bleiben die Zellenkontakte funkenlos, denn der Öffnungsfunke tritt jedesmal nur an der erwähnten, für alle Zellen gemeinsamen Ausschaltvorrichtung auf. Diese besitzt auswechselbare Kontaktstücke, deren zeitweiliger Ersatz nur unerhebliche Kosten und Zeitverlust erfordert.

Eine Beschreibung der Schaltung und der konstruktiven Ausführung des Apparates würde hier zu weit führen. Sie findet sich ETZ 1892, S. 70, die der neuesten Form ebenda 1899, S. 152.

Sicherungen.

143. In dem Leitungsnetze einer Anlage für Parallelschaltung müssen Vorrichtungen angebracht sein, welche die Leitungen gegen zu hohes Anwachsen der Stromstärke schützen. Im normalen Be-

triebe kann letzteres allerdings nicht eintreten, vorausgesetzt, dass die Klemmenspannung der Dynamomaschine in den zulässigen Grenzen bleibt, da ja die Lampen ihren Widerstand nicht wesentlich ändern. Allein es ist nicht ausgeschlossen, dass durch Zufall, Unvorsichtigkeit oder Mutwillen direkte Berührung zwischen Leitungsteilen (Kurzschluss) vorkommt, z. B. in der Fassung einer Glühlampe, am Körper einer Bogenlampe, an Ausschaltern und anderen Stellen, wo blanke Leitungsteile zugänglich sind, sowie dadurch, dass bei zwei nahe nebeneinander laufenden oder sich berührenden isolierten Leitungen die Isolierschicht beschädigt und eine metallische Verbindung zwischen beiden herbeigeführt wird. In solchen Fällen könnte, insbesondere bei dünnen Leitungen, die Stromstärke zu einer beträchtlichen Höhe ansteigen, ohne dass dies, wenn die Anlage gross genug ist, am Orte der Stromerzeugung bemerkt werden würde. Die Folge wäre eine Erhitzung der betreffenden Leitung bis zum Glühen, vielleicht bis zum Durchschmelzen, und die Entzündung nahe liegender brennbarer Stoffe. Aber auch wenn die Temperatur nicht so hoch anstiege, würde wenigstens ein Verkohlen oder Verschmoren der isolierenden Hülle der Leitung an den erhitzten Stellen eintreten. Wegen der Möglichkeit derartiger Unfälle, zu denen noch die durch verschlechterte Isolation der Leitungen und daraus entspringenden Stromübergang unter Vermittelung der Erde hinzukommen, müssen die verschiedenen Leitungsstränge einer Anlage für Parallelschaltung mit Vorrichtungen versehen sein, welche, sobald die Stromstärke in einem derselben einen gewissen Betrag überschreitet, in diesem Teile den Strom selbsttätig unterbrechen. Es liessen sich dazu die in **140** genannten selbsttätigen Ausschalter verwenden, allein diese sind für den vorliegenden Zweck nicht einfach genug und auch zu teuer.

Nach dem Vorgange Edisons setzt man in jeden zu schützenden Leitungsteil ein Stück aus einem leicht schmelzbaren Metalle von grossem spezifischen Widerstande ein. Steigt die Stromstärke über den normalen Höchstbetrag, so erwärmt sich dieses Stück rascher als die Kupferleitung und schmilzt durch, bevor die Stromstärke eine der letzteren gefährliche Höhe erreicht hat. Die Sicherung ist somit ein selbsttätiger Ausschalter einfachster Art. Selbstverständlich muss der Querschnitt des Schmelzstückes entsprechend demjenigen der zu schützenden Leitung, bezw. nach der normal zulässigen Stromstärke, gewählt sein. Die Sicherungsstücke werden gewöhnlich entweder aus reinem Blei (Schmelzpunkt 325° C., spezifischer Widerstand etwa 0,2, also mehr als elfmal grösser als der des Kupfers) oder aus Legierungen von Blei und Zinn (Schmelzpunkt um 200° C.) hergestellt. Man nennt deswegen die Schmelzsicherungen häufig auch Bleisicherungen.

Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft hat seit 1898 zuerst Silber an Stelle des Bleies und seiner Legierungen als Schmelzmaterial verwendet[1]) und andere Firmen sind ihr darin gefolgt. Dieses Metall leitet allerdings noch besser als Kupfer und schmilzt erst bei etwa 1000° C. Andrerseits kann ein silberner Schmelzdraht für eine bestimmte Stromstärke bedeutend dünner sein, als ein solcher aus Blei. Die zu erwärmende und beim Funktionieren der Sicherung zu schmelzende Metallmasse ist also im ersteren Falle wesentlich geringer, was, wie unten erläutert wird, einen Vorteil bedeutet. Ferner bleibt Silber auf die Dauer, auch in feuchter Luft und bei höherer Temperatur, unverändert, während Blei sich oxydiert. Die Folge ist, dass Schmelzstücke aus Silber, die man schon durch den normalen Betriebsstrom sich ziemlich stark erwärmen lässt, präziser funktionieren, auch noch nach langer Gebrauchszeit, und nicht so leicht Gelegenheit zum Weiterbrennen eines Lichtbogens geben (vergl. unten) als solche aus Blei und dessen Legierungen.

Die Frage, wonach man die Stromstärke, bei der eine Sicherung durchschmelzen soll, zu bemessen hat, ist zur Zeit noch umstritten. Man pflegt Schmelzsicherungen so einzurichten, dass sie durchschmelzen, wenn die Stromstärke das Doppelte[2]) des Betrages erreicht, der für die Sicherung als normal angenommen ist. Es fragt sich nun, ob man unter dieser »normalen Stromstärke« den Maximalstrom verstehen soll, der beim Brennen sämtlicher hinter der Sicherung sitzender Lampen hindurchfliesst, oder aber die Stromstärke, welche für die Leitung, nach Massgabe ihres Kupferquerschnittes (vergl. **114**), noch zulässig ist. Beide Strombeträge können erheblich verschieden sein, da, wie an der erwähnten Stelle gezeigt, die Leitungen in den allermeisten Fällen mit Rücksicht auf den Spannungsverlust, nicht auf die Erwärmung, dimensioniert werden und dadurch Querschnitte erhalten, welche für oft weit höhere Stromstärken ausreichen würden, als die Leitung wirklich durchfliessen. Von den Fachleuten wollen nun die einen die Sicherungen lediglich nach dem Leitungsquerschnitte, die anderen nach der tatsächlich vorkommenden Maximalstromstärke bemessen sehen. Die Sicherheitsvorschriften des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« vertreten in ihrer neuesten Fassung die letztere Ansicht.

Diese Vorschriften (vergl. den Schluss dieses Werkes) besagen nämlich: »Die Stärke der zu verwendenden Sicherung ist der Be-

---

[1]) Vergl. Passavant, ETZ 1898, S. 592.
[2]) In neuerer Zeit geht man vielfach nicht so hoch, sondern bemisst die Schmelzstücke so, dass sie schon bei einer Stromstärke gleich etwa dem $1^1/_2$fachen der normalen durchschmelzen, wenn sie dauernd wirkt, ja selbst bei einer noch schwächeren Beanspruchung.

triebsstromstärke der zu schützenden Leitung anzupassen.« Dabei ist als Abschmelzstromstärke der Sicherung das Doppelte ihrer normalen Stromstärke angenommen.

Es bedarf kaum eines Nachweises, dass durch Schmelzsicherungen die Lampen, insbesondere Glühlampen, nicht geschützt werden, da deren Lebensdauer schon beträchtlich vermindert wird, wenn der Strom dauernd um einige Prozent oder auch nur wenige Minuten lang um die Hälfte zu hoch ist. Auch Bogenlampen können Schaden leiden, wenn der Strom den normalen Betrag eine Zeit lang erheblich übersteigt. Die Schmelzsicherungen schützen also ausschliesslich die Leitungen.

Es lässt sich nicht mit Bestimmtheit angeben, wie gross der Querschnitt einer Sicherung, z. B. einer solchen aus reinem Blei, sein muss, damit sie bei einem bestimmten Strome durchschmelze. Das Schmelzstück gibt an die Metallteile, mit welchen es verbunden ist, sowie an die umgebende Luft einen Teil der in ihm erzeugten Wärme ab. Die Menge der so abgegebenen Wärme hängt aber, bei gleicher Stromstärke, in hohem Grade von Gestalt, Grösse und Material der angrenzenden Metallteile, sowie davon ab, ob das Schmelzstück sich in freier Luft befindet, oder durch einen Mantel oder Kapsel von derselben abgeschlossen ist. Auch kommt es darauf an, wie gross die Länge des Blei- oder sonstigen Schmelzstückes ist, da bei einem kurzen Stücke die Wärmeableitung an den Enden die Temperatur des mittleren Teiles (gleichen Strom vorausgesetzt) stärker erniedrigt, als bei einem längeren. Für mittelgrosse Bleisicherungen von der gebräuchlichen Länge von einigen Zentimetern kann man mit Uppenborn auf jedes Ampère der normalen Stromstärke ungefähr 0,13 *qmm* rechnen, sodass auf 1 *qmm* etwa 8 Ampère kommen. Bei der doppelten Belastung, d. h. etwa 16 Ampère pro *qmm*, würde dann das Bleistück durchschmelzen. Winkler und Drescher fanden durch Versuche die Stromstärken, bei welchen Bleidrähte von verschiedenen Querschnitten innerhalb 5 Sekunden, nachdem der allmählich gesteigerte Strom den betreffenden Wert erreicht hatte, abschmolzen, wie folgt:

Tabelle 46.

Querschnitt *qmm*	Durchmesser *mm*	Durchgeschmolzen bei Ampère	Querschnitt *qmm*	Durchmesser *mm*	Durchgeschmolzen bei Ampère
0,08	Stanniol	4	3,14	2,0	50
0,16	Stanniol	6	4,9	2,5	71
0,20	0,5	6,2	7,1	3,0	92
0,50	0,8	12,7	9,6	3,5	112
0,79	1,0	18,0	12,6	4,0	138
1,76	1,5	32,6	19,0	4,9	192

Über den abkühlenden Einfluss der Klemmkontakte, zwischen denen das Schmelzstück eingeschaltet ist, bei verschiedener Länge des letzteren, hat Feldmann[1]) eingehende Versuche angestellt. Er verwendete Bleidrähte von 0,58 bis zu etwa 4 *mm* Durchmesser, die er zwischen Klemmstücke von verschieden grosser Metallmasse einspannte. Die freie Länge der Drähte wurde von etwa 5 bis 220 *mm* verändert und bei jeder Länge der Schmelzstrom ermittelt. Es zeigte sich beispielsweise, dass beim Verkürzen der freien Länge eines Bleidrahtes, dessen Querschnitt 1 *qmm* betrug, von 40 auf 10 *mm*, die zum Schmelzen erforderliche Stromstärke von 15 auf 24 Ampère, also um 60% stieg; ferner dass ein Draht von der nämlichen Stärke und 30 *mm* freier Länge, bei Anwendung von Klemmen von je etwa 4 *ccm* Metallvolumen bei 14,5 Ampère, dagegen erst bei 18,8 Ampère durchschmolz, als er zwischen Klemmen eingespannt wurde, die je etwa 40 *ccm* Metall enthielten. Wie erklärlich, wurde die Schmelzstromstärke durch die Länge des Drahtes und die Masse der Klemmen umsomehr beeinflusst, je dicker der Schmelzdraht war. Die Gesamtheit der Resultate Feldmanns findet sich an den angegebenen Stellen übersichtlich in Kurven zusammengestellt.

Hat sich eine Bleisicherung in längerer Zeit, oder infolge Anbringens an einem feuchten Orte, oder aber dadurch, dass sie sehr allmählich zu einer immer höheren Temperatur erhitzt wurde, an der Oberfläche mit einer Oxydhaut bedeckt, so kann die letztere, welche schwer schmelzbar und ein schlechter Wärmeleiter ist, bewirken, dass die Sicherung erst bei einer beträchtlich höheren Temperatur durchschmilzt, als sie soll. Es gelingt, das Schmelzstück bis zur Rotglut zu erhitzen, wobei sich das Blei in flüssigem Zustande innerhalb der Oxydschicht befindet. Bleisicherungen wirken also nicht unbedingt zuverlässig, und es empfiehlt sich auch, sie von Zeit zu Zeit auszuwechseln, wenn sie sich an der Oberfläche oxydiert zeigen. Hierauf beruht einer der oben schon bezeichneten wesentlichen Vorzüge, welche Schmelzstücke aus Silber vor solchen aus Blei besitzen. Man erhält am zuverlässigsten Aufschluss über das Verhalten einer bestimmten Sicherungs-Konstruktion, wenn man für jede einzelne Grösse derselben durch Versuche die Stromstärke ermittelt, durch welche sie eben zum Durchschmelzen gebracht werden kann. Bei solchen Versuchen sollen die Schmelzstücke sich unter genau den nämlichen Verhältnissen befinden, unter denen sie in der Praxis zur Verwendung kommen, also z. B. zwischen die nämlichen Klemmen eingesetzt und mit den gleichen Schutzhüllen u. s. w. versehen werden.

---

[1]) Feldmann, »ETZ« 1892, S. 423. — Ebenda 1894, S. 313.

Schmelzstücke aus Blei oder Bleilegierungen von mehr als 5 *qmm* Querschnitt werden selten aus einem einzigen Drahte hergestellt, sondern aus zwei oder mehr dünneren, parallel geschalteten Drähten oder aus einem Streifen Blech. Aus letzterem macht man überhaupt fast alle grösseren Formen, welche bei mehr als 100 Ampère durchschmelzen sollen. Bleistreifen sind häufig nur in ihrem mittleren Teile durch Dünnschneiden auf genügend kleinen Querschnitt gebracht, während die Enden zur besseren Befestigung beträchtlich breiter gelassen sind. Es ist in diesem Falle darauf zu sehen, dass der mittlere dünne Teil genügend lang sei, damit nicht durch die breiteren Enden zuviel Wärme abgeleitet werde. Die »Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft« verwendet als Schmelzstücke für grössere Stromstärken, statt Bleistreifen, mehrere parallel geschaltete Silberdrähte von 1,5 bis 2 *mm* Durchmesser. Darf der Querschnitt des Schmelzstückes nur sehr klein sein (unter 0,2 *qmm*), so stellt man es aus einem oder mehreren (parallel geschalteten) Streifen Bleifolie oder Stanniol her, welche auf einen Streifen Isoliermaterial aufgeklebt werden, während Silber noch in Drahtform verwendet werden kann.

Man stellt an eine Abschmelzsicherung ungefähr die folgenden Anforderungen:

1. Sie soll innerhalb einer, höchstens zwei Minuten sicher durchschmelzen, wenn die Stromstärke, bei der dies eintreten soll, plötzlich auftritt, dagegen nach wenigen Sekunden abschmelzen, nachdem dieser Strom durch allmähliches Anwachsen erreicht wurde.[1])

2. Nach dem Durchschmelzen soll die Unterbrechungsstelle einen genügend langen Luftzwischenraum zeigen. Es muss ausgeschlossen sein, dass der Öffnungsfunke zu einem länger dauernden Lichtbogen werden kann, selbst wenn direkter Kurzschluss eintritt. Aus diesem Grunde muss die Länge des Schmelzstückes der Betriebsspannung, sowie der Stromstärke angepasst sein.

3. Das Schmelzstück muss in eine feuersichere Hülse oder Kapsel so eingeschlossen sein, dass die beim Durchschmelzen entstehende Flamme keinen Schaden anrichten kann. Sicherungen, welche auf Schalttafeln angebracht sind, kann man davon ausnehmen.

4. Die Teile des Apparates sollen, wie bei den Ausschaltern, auf einer gut isolierenden und feuersicheren Grundplatte montiert sein.

5. Die Konstruktion sei so, dass beim Auswechseln das irrtümliche Einsetzen eines zu starken Schmelzstückes gar nicht möglich ist, d. h. in die Klemmkontakte einer bestimmten Sicherung sollen nur die Schmelzpatronen für die richtige Stromstärke hineinpassen.

---

[1]) Vergl. übrigens die bezügl. Bestimmungen des »Verb. d. El.« am Schlusse dieses Buches, § 14, a).

Der Apparat muss ferner so geformt sein, dass das Auswechseln durchgeschmolzener Patronen bequem und schnell ausgeführt werden kann.

6. Der Leitungswiderstand des Schmelzstückes sei so klein, als es mit Rücksicht auf die Erfüllung der unter 1. und 2. genannten Bedingungen irgend angängig ist.

Wegen der unter 2. und 3. aufgeführten Forderungen schliesst man bei nicht zu grossen Formen das Schmelzstück in eine Hülse aus unverbrennlichem Material, wie Gips, Porzellan, Glas oder Zement ein und füllt Zwischenräume oft noch mit Asbest, Sand oder dergl. aus. Bei Sicherungsvorrichtungen für grössere Stromstärken lässt man häufig die Hülse für das Schmelzstück weg und überdeckt statt dessen die sämtlichen stromführenden Teile mit einer auf die Grundplatte aufgesetzten Kapsel aus unverbrennlichem Material, wie Eisen, Zink, Porzellan, Papiermasse.

Zur Erfüllung der unter 5. genannten Bedingung müssen bei Sicherungen verschiedener Grösse die Kontaktstücke für jede Nummer etwas anders geformt sein. Ferner ist es erforderlich, dass auf jeder Sicherung die normale Stromstärke oder der Leitungsquerschnitt, für welchen sie bestimmt ist, oder beides zusammen, und dazu noch die zulässige Maximalspannung angegeben sei.

Beim Durchschmelzen einer Sicherung in den gewöhnlichen Beleuchtungsanlagen tritt an der Durchschmelzstelle eine Spannung auf, welche bis zu 110, unter Umständen bis 220 Volt betragen kann. Ein beträchtlicher Öffnungsfunke ist also, zumal bei Kurzschluss, kaum zu vermeiden, und die Gefahr der Bildung eines fortbrennenden Lichtbogens zwischen den stehenbleibenden Teilen liegt, selbst bei einem Luftzwischenraume von 10 *mm* und mehr, nahe. Diese Gefahr lässt sich allerdings vermindern, wenn man in jedem der beiden Leitungsteile (positiv und negativ) eine Sicherung anbringt. Bei entsprechend hoher Stromstärke schmelzen beide häufig gleichzeitig durch, und das Entstehen eines Lichtbogens ist, da der Stromkreis an zwei Stellen unterbrochen wird, erschwert. Wenn auf diese Weise die positive und die negative Leitungshälfte je eine Sicherung erhält, so bringt man beide Schmelzstücke nebst den zugehörigen Kontaktstücken u. s. w. auf einer gemeinsamen Grundplatte an und nennt das Ganze eine zweipolige (auch doppelpolige) Sicherung, im Gegensatz zur einpoligen, welche nur in den einen Leitungsteil eingeschaltet wird.

Es ist jedoch durchaus nicht wahrscheinlich, dass die Schmelzstücke einer zweipoligen Sicherung stets beide durchschmelzen werden. Um daher Lichtbögen noch vollkommener zu unterdrücken, hat man in neuerer Zeit Schmelzpatronen hergestellt, bei welchen das entsprechend lange Abschmelzstück zickzackförmig hin- und hergebogen und in feuersicheres Isoliermaterial so eingeschlossen ist, dass es nur

an einigen bestimmten, voneinander getrennten Stellen freiliegt. An diesen schmilzt es gleichzeitig durch und da die Bildung grösserer Mengen Metalldampf an einer Stelle vermieden ist, so kann ein dauernder Lichtbogen nicht gut zu stande kommen (vergl. hierüber S. 365). Eine solche Patrone genügt für Spannungen bis 250 Volt, ohne dabei besonders grosse Abmessungen zu besitzen.

144. Art und Anbringung der Sicherungen. Was die Stellen betrifft, an welchen in dem Leitungsnetze einer Beleuchtungsanlage Schmelzsicherungen einzusetzen sind, so gilt als Regel, solche überall da anzubringen, wo eine Leitung von geringerem Querschnitte von einer dickeren abzweigt. Die Sicherung kommt in die dünnere Leitung möglichst nahe an die Abzweigstelle.[1]) Ausserdem ist jede Hauptleitung da, wo sie an der Schalttafel beginnt, zu sichern. Der Strom hat also auf seinem Wege von der Stromquelle bis zu einer bestimmten Lampe die eben genannte Hauptsicherung und eine Anzahl weiterer Sicherungen zu durchlaufen. Die Zahl der letzteren hängt davon ab, wievielmal der Leitungsquerschnitt sich bis zur Lampe vermindert, d. h. wieviel Verzweigungsstellen bis dahin vorhanden sind. Um jedoch die Anzahl der Sicherungen nicht allzu gross werden zu lassen, pflegt man das zu einer einzelnen Glühlampe führende letzte Leitungsstück nur dann zu sichern, wenn die Lampe für sich allein angebracht ist.

Speist eine Leitung mehrere, nicht allzu weit voneinander entfernte Glühlampen, so brauchen die zu den letzteren führenden, dünneren Leitungen nicht mehr besonders gesichert zu werden, wenn die von der Zuleitung abzweigenden Lampen zusammen nicht mehr als 6 Ampère verbrauchen (Vorschrift des »Verb. d. Elektr.«). Sitzen die Lampen alle an demselben Beleuchtungskörper, so darf diese Grenze bis auf den doppelten Betrag erhöht werden. In dem genannten Falle erhält also nur die Zuleitung zu der Lampengruppe eine Sicherung. Die Möglichkeit, dass eine der dünnen Lampenleitungen sich gefährlich erhitzt, ohne dass die gemeinsame Sicherung funktioniert, ist gering, bei Kurzschluss ganz ausgeschlossen.

Beim Brennen der Bogenlampen bleibt die Stromstärke nicht entfernt so konstant wie bei Glühlampen. Sie ist insbesondere gleich nach dem Einschalten beträchtlich höher als der normale Betrag und kann auch infolge von Unregelmässigkeiten im Funktionieren der Regulierung den letzteren erheblich überschreiten. Es empfiehlt sich deswegen, den Querschnitt einer Leitung, welche nur Bogenlampen

---

[1]) Nach den »Sicherheitsvorschriften« des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« in höchstens 1 *m* Entfernung von der Hauptleitung. Wo dies nicht angängig ist, soll die Zuführung von der Hauptleitung bis zur Sicherung den gleichen Querschnitt erhalten wie die Hauptleitung.

speist, etwa doppelt so gross zu machen, als es dem normalen Lampenstrome entspricht, und als Normalstrom für die Sicherung das Doppelte der normalen Stromstärke der Bogenlampe anzunehmen. Auf diese Weise wird ein häufiges Durchschmelzen der Sicherung vermieden.

Es werden durchweg nur zweipolige Schmelzsicherungen verwendet, zunächst aus dem oben genannten Grunde (Vermeidung von Lichtbögen); dann aber auch deswegen, weil zweipolige Sicherungen gestatten, bei Aufsuchung von Isolationsfehlern, durch Herausnehmen der Abschmelzstücke (Schmelzpatronen) das ganze Leitungsnetz einer Anlage in kleinere, voneinander getrennte Teile zu zerlegen und sogar die beiden Hälften jedes Leitungsstückes voneinander zu isolieren (vergl. das bei den Ausschaltern Gesagte). Endlich ist (bei nur einpoliger Sicherung der Leitungen) der Fall möglich, dass der nicht gesicherte Strang einer dünnen Zweigleitung mit einem vom entgegengesetzten Pole kommenden Hauptstrange Verbindung erhält (z. B. durch Vermittelung einer Gas- oder Wasserleitung). In diesem Falle kann die dünne Leitung sich unter Umständen bis zum Glühen erhitzen, ohne dass dadurch die Stromstärke in dem dicken Strange so hoch steigt, dass die in diesem angebrachte Sicherung zum Schmelzen kommt.

Da die Sicherungen an den Abzweigstellen sitzen sollen, so kann man bei Verwendung von doppelpoligen Sicherungen diese so einrichten, dass durch sie gleich die Verbindung mit der Hauptleitung bewirkt wird. Die Sicherung besitzt dann vier Klemmen. In zwei davon wird die ihrer Isolierung entkleidete Hauptleitung eingespannt, von den beiden anderen geht die Zweigleitung aus. Die zuletzt genannten Klemmen sind je durch ein Schmelzstück mit den beiden Teilen der Hauptleitung verbunden. Man spart auf diese Weise das Ausführen und Isolieren von Lötstellen. Die Vereinigung einer Bleisicherung mit einem Ausschalter zu einem einzigen Apparate, wie sie hier und da vorkommt, ist weniger zu empfehlen.

Zentralisierung der Sicherungen. Bei ausgedehnten Leitungsanlagen im Inneren von Gebäuden ist es in neuerer Zeit gebräuchlich geworden, möglichst eine ganze Anzahl Sicherungen an einer Stelle zu vereinigen, sodass die sämtlichen Sicherungen des Leitungsnetzes an einigen wenigen Stellen zentralisiert sind. Man bringt z. B. alle Sicherungen eines und desselben Stockwerkes zusammen in einen sogen. Verteilungskasten. Dieser enthält auf einer Schiefer- oder Marmorplatte kleine Schienen aus Kupfer oder Messing, mit welchen die Hauptleitung verbunden ist und von denen die Verteilungsleitungen des betreffenden Stockwerkes mittels zweipoliger Sicherungen abgezweigt sind. Fig. 394 veranschaulicht im Schema diese Disposition. Die Doppelleitungen sind als einfache Linien,

Glühlampen als Kreise gezeichnet. *HH* ist die von der Schalttafel kommende Hauptleitung, *V*, *V* sind Verteilungstafeln, *S*, *S* zweipolige Sicherungen. Diese Anordnung bietet den Vorteil, bei vorkommenden Störungen nicht lange nach den einzelnen Sicherungen suchen zu müssen. Dagegen bedingt sie einen grösseren Aufwand von Leitungsdraht, da sämtliche zu sichernde Leitungen zu der Verteilungstafel geführt werden müssen. Derartige Tafeln finden sich abgebildet Fig. 415 und 417, sowie in dem Kapitel über Schalttafeln.

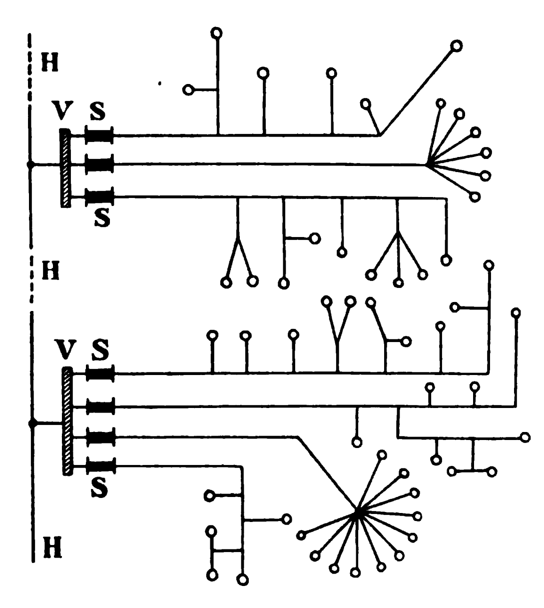


Fig. 394.

145. Spannungsverlust in Schmelzsicherungen. Die Anwendung der für die Sicherheit der Leitungsanlage unentbehrlichen Schmelzsicherungen führt einen, wenn auch nicht sehr erheblichen Übelstand mit sich. Jedes eingeschaltete Blei- oder sonstige Abschmelzstück bringt einen Widerstandsballast in die Leitung, der einen entsprechenden Spannungsverlust zur Folge hat. Über die Grösse desselben geben die folgenden Zahlen einigen Aufschluss, welche vom Verfasser bei Untersuchung einer beträchtlichen Anzahl von Schmelzpatronen verschiedener Art und Grösse ermittelt wurden. Die Sicherungen entstammten verschiedenen durch solide Arbeit bekannten Fabriken. Durch jedes Schmelzstück wurde der dafür normal zulässige Strom geleitet und die Spannung an den Enden des Stückes gemessen, sobald die Temperatur desselben nicht mehr weiter stieg. Dass dieser Zustand erreicht war, wurde daran erkannt, dass der Spannungswert konstant blieb. Es waren dazu 5 bis 20 Minuten erforderlich. Von jeder Grösse sind mehrere (mindestens 2) Exemplare geprüft worden. Diese wurden dabei in die zugehörigen Fassungen eingesetzt, deren Deckel oder Kapseln aufgesetzt wurden. Alle Kontaktflächen waren zuvor sorgfältig blank gemacht. Der grösste beobachtete Unterschied im Spannungsverluste zwischen gleichartigen Schmelzstücken betrug 29%, der kleinste $1^1/_2$%.

Tabelle 47.

Spannungsverlust in Schmelzsicherungen.

Normal-Strom Ampère	Spannungs-verlust für 1 Schmelzstück Volt	Normal-Strom Ampère	Spannungs-verlust für 1 Schmelzstück Volt	Normal-Strom Ampère	Spannungs-verlust für 1 Schmelzstück Volt
1. Ältere Bleisicherungen für Spannungen von 100 Volt					
4,5	0,058	25	0,078	86	0,079
7,5	0,061	32	0,084	108	0,118
12,0	0,064	50	0,086	172	0,140
15,0	0,076	66	0,070		
2. Neuere Sicherungen nach den »Vorschriften des V. D. E.«					
a) Bleistreifen für 110 Volt					
30	0,051	60	0,057	100	0,061
b) Patronen mit Schmelzstücken aus Silber von der »Allgem. Elektr. Gesellschaft«.					
Kleine Sicherungsstöpsel für Spannungen bis 250 Volt					
0,5	0,12	2	0,45	6	0,10
1,0	0,12	4	0,12		
Normale Sicherungsstöpsel für Spannungen bis 550 Volt					
2,0	0,48	6	0,26	20	0,15
4,0	0,36	15	0,19		
Grosse Sicherungsstöpsel für 550 Volt Spannung					
30	0,25	60	0,13		
c) Patronen mit Schmelzstücken aus Silber von Siemens & Halske für Spannungen bis 250 Volt					
4	0,42	15	0,15	40	0,19
6	0,17	30	0,16		

Hiernach beträgt der Spannungsverlust pro Schmelzstück bei den neueren Sicherungen für Verteilungsleitungen (Stromstärke bis ca. 40 Ampère) und für Spannungen bis 250 Volt nicht unter 0,1 Volt, durchschnittlich sogar etwa 0,2 Volt, wenn man berücksichtigt, dass die A. E. G. ihre sogen. normalen Sicherungen, welche für Spannungen bis 550 Volt ausreichen, auch in Anlagen für 250 Volt und darunter verwendet. Durch das Bestreben, die Schmelzpatronen so zu gestalten, dass sie beim Durchschmelzen selbst bei mehr als 200 Volt Betriebsspannung und unter Kurzschluss keinen dauernd brennenden Lichtbogen ergeben, hat man also ihren Widerstand und den dadurch bedingten Spannungsverlust gegen früher beträchtlich erhöht. In Anlagen von 110 Volt Betriebsspannung werden heutzutage ganz allgemein die nämlichen Sicherungen benutzt, welche auch für 250 Volt genügen. Setzt man nun eine 110 Volt-Anlage voraus, in welcher der Strom von der Schalttafel bis zu einer bestimmten Glühlampe oder Lampengruppe 3 zweipolige Sicherungen passiert, und rechnet pro Schmelzstück nur 0,15 Volt, so beträgt der Spannungsverlust in den Sicherungen $3 \times 2 \times 0{,}15 = 0.90$ Volt. Ein solcher Betrag darf aber nicht, wie es meistens geschieht, bei Berechnung der Leitungen vernachlässigt werden, selbst dann nicht, wenn nur zwei Sicherungen zwischen Schalttafel und Lampe liegen.

Durch schlechten Kontakt zwischen dem Schmelzstücke und den Klemmen, in die es eingesetzt wird, kann der Widerstand und damit der Spannungsverlust

in der Sicherung noch weiter erhöht werden. Deswegen ist für eine möglichst vollkommene leitende Verbindung zwischen den genannten Teilen tunlichst Sorge zu tragen.

146. Konstruktion der Sicherungen für Innenräume. Als Material für die Grundplatte sind geeignet: Porzellan, Schiefer und Marmor. Die Schutzkapsel besteht bei grösseren Modellen gewöhnlich aus Blech; bei Sicherungen für kleine Stromstärken sind auch solche aus Porzellan und aus Papiermasse in Gebrauch. Es ist, mit Rücksicht auf unberufene Hände, nicht zweckmässig, wenn die Kapsel nur einfach auf die Grundplatte aufgesteckt ist, also ohne weiteres abgenommen werden kann. Bei runden Kapseln sollte ein Gewinde- oder Bajonettverschluss, bei viereckigen Schrauben oder Haken und Ösen zur Befestigung vorhanden sein. Zur Anbringung an nassen Örtlichkeiten werden die Schutzkasten wasserdicht hergestellt. Die isolierende Grundplatte sitzt in diesem Falle auf einer Platte aus Gusseisen, auf welche die ebenfalls gusseiserne Schutzkapsel unter Zwischenlegung einer Gummidichtung aufgeschraubt ist. Die Leitungen sind in den Kasten wasserdicht eingeführt.

Die Erfüllung der oben unter 5. genannten Bedingung verlangt, dass das Blei- oder sonstige Abschmelzstück leicht ausgewechselt werden könne. Die Sicherungsvorrichtung muss also zwei Metallstücke enthalten, zu welchen die zu sichernde Leitung geführt und an denen sie mittels Schrauben festgeklemmt ist. Zwischen diese beiden Kontaktstücke wird das Schmelzstück bezw. die dasselbe enthaltende Patrone eingesetzt. Wegen der Weichheit des Schmelzmetalles sollen dessen Enden niemals direkt mit den genannten Kontaktstücken verbunden werden, sondern mit zwei an der Patrone befestigten Messing- oder Kupferstücken von geeigneter Form. Die Verbindung der letzteren mit den Enden des Schmelzstückes geschieht, falls es sich um Blei handelt, wegen der leichten Oxydierbarkeit dieses Metalles am besten durch Löten. Eine Hülse aus Porzellan, Gips, Glas, Cement oder dergl. umschliesst bei den kleineren Formen das Schmelzstück und hält die beiden Metallstücke fest, damit das erstere vor Zug oder Druck geschützt ist. Diese Hülse muss genügend Raum enthalten, damit beim Durchschmelzen das geschmolzene Metall von den Verbindungsstücken ganz wegfliessen kann. Auch muss letzteres bei jeder beliebigen Lage der Sicherung gleich zuverlässig geschehen. Die Endkontakte der Patrone werden, je nach der Konstruktion der Sicherung, in die auf der Grundplatte sitzenden Kontaktstücke federnd eingeschoben, ein- oder angeschraubt. Bei Sicherungen für grössere Stromstärken bleibt die Hülse für das Schmelzstück weg, dieses wird durch Mutterschrauben mit Unterlagscheiben auf die festen Kontaktstücke ge-

schraubt und das Ganze dann mit einer feuersicheren Kapsel bedeckt. Derartige Sicherungen finden hauptsächlich auf Schalttafeln Verwendung.

Edison gab der Patrone die Form eines Stöpsels, dessen Kontaktteile dieselbe Form haben, wie diejenigen am Fusse seiner Glühlampen. Dieser »Bleistöpsel« wird genau wie eine Glühlampe in eine geeignete Fassung eingeschraubt. Das den Stöpsel umgebende Gewinde aus Metallblech und der unten sitzende kleine Metallknopf sind mittels Lötung durch einen Bleidraht verbunden, der sich in dem Hohlraume des Stöpsels befindet. Fig. 395 zeigt einen Edisonschen Bleistöpsel in äusserer Ansicht. Der Körper des Stöpsels besteht aus Porzellan, Glas, Gips oder dergleichen. Die obere Verbreiterung



Fig. 395.

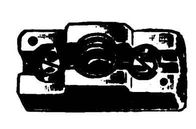




Fig. 396.

des Stöpsels trägt am Rande ebenfalls ein Gewinde, um eine Kappe aus Messingblech überschrauben zu können. Dieser Deckel enthält einige kleine Löcher, durch die der innere Hohlraum mit der Luft in Verbindung steht. Der Hohlraum findet sich öfter mit Asbestfasern oder dergl. ausgefüllt, wodurch das Entstehen eines Lichtbogens beim Durchschmelzen mit grösserer Sicherheit verhütet werden soll.

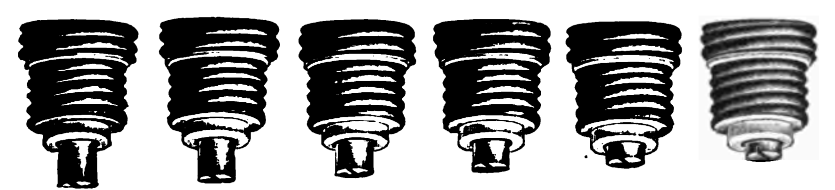


Fig. 397.

Fig. 396 stellt eine einpolige und eine zweipolige Sicherung der A. E. G. zum Einschrauben von Bleistöpseln dar, bei denen die Metallteile fast ganz in die aus Porzellan bestehende Grundplatte eingebettet sind. In das etwas erhöht liegende Gewindestück wird ein Edisonscher Bleistöpsel so tief eingeschraubt, dass der Kontaktknopf desselben den ganz untensitzenden Metallstreifen berührt.

Sicherungen mit Bleistöpseln sollten nur bis etwa 25 Ampère normale Stromstärke angewendet werden. Da die Stöpsel für verschieden grosse Stromstärken gewöhnlich alle das gleiche Edisongewinde besitzen, so pflegt man die Möglichkeit, dass ein Stöpsel für grössere Stromstärke an Stelle eines durchgebrannten für geringeren Strom eingeschraubt werden könne, neuerdings dadurch zu verhindern, dass man den Abstand zwischen dem Metallgewinde des Stöpsels und der Kontaktfläche des unteren Metallknopfes je nach der Stromstärke verschieden gross macht. Die zur Aufnahme der Stöpsel dienenden Teile der Sicherungen sind dementsprechend ebenfalls verschieden gestaltet. Fig. 397 zeigt einen so eingerichteten Satz verschieden hoher Stöpsel von Voigt & Haeffner, für Stromstärken von 1,5 bis 20 Ampère.

Die gewöhnlichen Edisonstöpsel mit Bleidrähten sind nur für Betriebsspannungen bis etwa 120 Volt geeignet.

Für geringe Stromstärken, bis etwa 15 Ampère, sind vielfach die schon erwähnten Schmelzstücke aus Stanniol, der auf Karton geklebt ist, im Gebrauch.

In Fig. 398 ist eine einpolige, Fig. 399 eine zweipolige Sicherung dieser Art von **Voigt & Haeffner** abgebildet. Erstere besitzt eine Kapsel aus Papiermasse, letztere eine solche aus Porzellan. Die Schmelzstücke haben Biskuitform (Fig. 400) und werden in federnde Klemmfassungen eingeschoben. Die Metallteile sind auf Porzellan montiert. Die Art der Befestigung der Zuleitungen, welche von unten eingeführt werden, ist deutlich ersichtlich.



Fig. 398.

Die Sicherungen von **S. Bergmann & Co.**, welche zum *Einsetzen* in Abzweigdosen (vergl. 133) bestimmt sind, enthalten auf einer runden Porzellanplatte, welche mit zwei Nuten für die durchlaufende Hauptleitung versehen ist, die nötigen Metallklemmen (Fig. 401). Die Schmelzstücke bestehen aus Bleidraht, der an

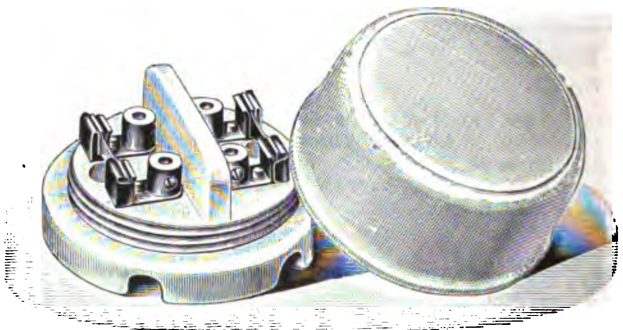


Fig. 399.

beiden Enden geschlitzte Messingstückchen zum Unterklemmen unter die Schrauben trägt (Fig. 402). Ein S-förmiger Steg aus Porzellan trennt die

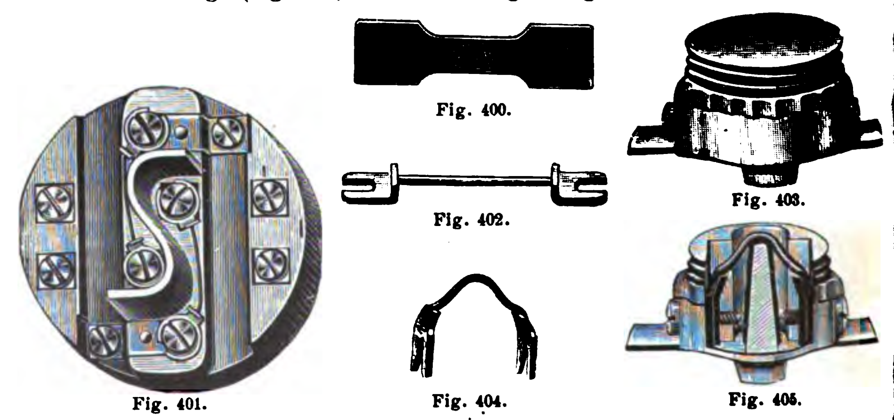


Fig. 400. Fig. 401. Fig. 402. Fig. 403. Fig. 404. Fig. 405.

beiden Schmelzstücke der zweipoligen Bleisicherung (Fig. 401) und verhütet das Herüberbrennen eines Lichtbogens beim Durchschmelzen. Ausser der hier beschriebenen sind für besondere Zwecke noch verschiedene andere Formen und Grössen von Sicherungen für das Papierrohrsystem im Gebrauch.

Dieselbe Firma stellt in neuerer Zeit eine Art von Stöpselsicherungen mit auswechselbarem Schmelzstück her. Der Stöpsel der einpoligen Form hat die Gestalt Fig. 403. Die isolierenden Teile bestehen aus Porzellan. Zwischen die beiden rechts und links hervorragenden Messingplatten ist ein mit Endfassungen versehenes Schmelzstück von der Form Fig. 404 mittels Schrauben eingeklemmt. Wie aus der Schnittfigur Fig. 405 zu ersehen, befindet sich zwischen den beiden Schraubklemmen ein isolierender Steg, der bis an den in der Mitte aufwärts gebogenen Bleidraht hinaufreicht und Lichtbogen beim Durchschmelzen verhüten soll. Die Öffnung des Porzellanstöpsels wird durch eine aufzuschraubende, mit kleinen Löchern versehene Messingkapsel geschlossen. Dieser Stöpsel wird auf das ebenfalls porzellanene Unterteil aufgesetzt und durch eine kleine Drehung werden die beiden vorstehenden Kontaktlappen des Stöpsels zwischen federnde Kontakte auf der Grundplatte eingedrückt. Fig. 406 zeigt die fertige zweipolige Sicherung, auf die dann noch eine Verschlusskapsel aufgesetzt wird. Die Zuführung der Leitungen erfolgt von unten durch Löcher in der Grundplatte. Ist eine derartige Sicherung durchgeschmolzen,

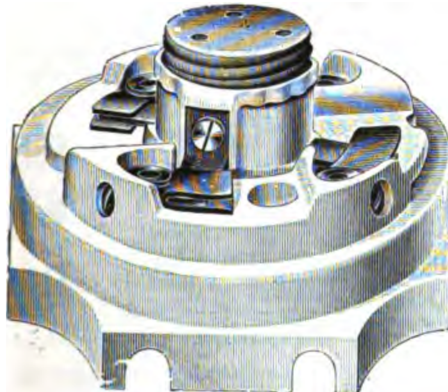






Fig. 406. Fig. 407.

so kann nach Abdrehen des Stöpseldeckels ein neues Schmelzstück in den Stöpsel eingesetzt werden, der also nicht jedesmal, wie bei den Edison-Stöpseln, mit unbrauchbar wird. Zu der zweipoligen Sicherung gehört der in Fig. 407 besonders abgebildete Stöpsel. Dieser ist eine Verdoppelung des einpoligen. Die zwei Paare von Kontaktlappen stehen in derselben Ebene um je 90° gegeneinander versetzt, und werden, wie beim einpoligen Stöpsel, durch eine kleine Drehung unter vier Federklemmen geschoben. Die untere Hälfte des Stöpsels hat in einer entsprechenden Höhlung des Porzellansockels Platz.

Auch die Fig. 398 bis 407 abgebildeten Sicherungen sind nur für Spannungen bis 120 Volt bestimmt.

Sicherungen von Siemens & Halske. Die neuen Sicherungen dieser Firma (Modell SP) sind von dem Oberingenieur Hundhausen in der Absicht konstruiert worden, die bezüglichen Forderungen der »Sicherheitsvorschriften des V. D. E.« in möglichst vollkommener Weise zu erfüllen (vergl. § 14 dieser Vorschriften). Das Hauptgewicht ist zunächst darauf gelegt, zu verhindern, dass beim Durchschmelzen ein Lichtbogen weiter brennen könne, selbst bei einer Betriebsspannung bis 250 Volt und auch dann, wenn unmittelbar hinter der Sicherung Kurzschluss auftritt. Ferner ist die Unverwechselbarkeit der Patronen für verschiedene Stromstärken in vollkommener Weise erreicht.

Die Schmelzpatronen sind Zylinder aus Porzellan von 35 *mm* Höhe und ebensoviel Durchmesser. Ausser einer etwa 11 *mm* weiten Bohrung in der Mitte enthält das Porzellan zwei fast ganz umlaufende, bogenförmige Hohlräume. Diese sind durch zwei schrägstehende Stege aus Porzellan voneinander getrennt.

Der silberne Schmelzdraht von etwa 45 *mm* Länge befindet sich zur Hälfte in je einem der genannten Hohlräume und durchsetzt den einen dazwischen befindlichen Steg in einer darin angebrachten engen Öffnung. Auf jede der beiden Endflächen des Porzellanzylinders ist ein Ring aus Messingblech gekittet und die beiden Enden des Silberdrahtes sind mit diesen beiden Blechringen mittels daransitzender Kupferblechlappen durch Lötung verbunden. Die den Schmelzdraht enthaltenden Hohlräume der Patrone sind vor dem Aufsetzen der Endbleche mit Talkpulver und nahe den beiden Stirnflächen mit Gips ausgefüllt. Letzterer kittet die Blechringe fest. Fig. 408 zeigt die fertige Patrone in äusserer Ansicht.

Damit man erkennen kann, ob eine Schmelzpatrone durchgebrannt ist oder nicht, ist an ihr noch ein sogen. Kenndraht angebracht. Dies ist ein knapp 0,5 *mm* breites und äusserst dünnes Band aus Silber, das parallel mit dem Schmelzdraht zwischen die beiden Endkontakte der Patrone geschaltet ist. Es ist an einer im Porzellanzylinder angebrachten viereckigen Öffnung von aussen sichtbar, liegt aber mit dem grössten Teile seiner Länge ganz in Gips. Beim Durchschmelzen des Hauptdrahtes schmilzt es ebenfalls ab. Dagegen ist es so dimensioniert, dass es niemals vor dem letzteren schmilzt.

Der silberne Schmelzdraht kann weit höher mit Strom beansprucht werden als Bleidrähte. Bei Patronen für 10 bis 20 Ampère beträgt die Belastung über





Fig. 408.

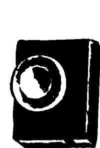


Fig. 409.

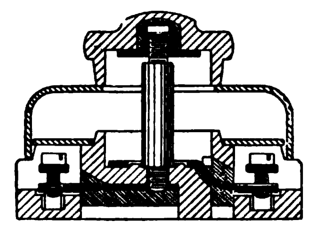


Fig. 410.



Fig. 411.

100 Ampère für 1 *qmm* Silberquerschnitt. Aus den Messingblechringen an den beiden Enden der Patrone sind je drei Wülste hervorgepresst, welche deren eigentliche Kontaktflächen bilden. Ferner sind auf sie die normale Höchststromstärke, der derselben entsprechende Leitungsquerschnitt und die höchste zulässige Betriebsspannung aufgestempelt. Letztere beträgt 250 Volt.

Die fertige einpolige Sicherung zeigt Fig. 409 in geschlossenem Zustande. Sie besteht in der Hauptsache aus Porzellan. Die zur Stromzuführung dienenden Metallteile sind mittels Gips in eine Art Kästchen aus Porzellan eingesetzt. Die Zuführung zur unteren Endfläche der Patrone geschieht durch einen festsitzenden Messingring, der mit dem einen Ende der Zuleitung verbunden ist. Mitten durch diesen Ring geht isoliert ein mit Gewinde versehener Messingstift hindurch, der etwas höher ist als eine Schmelzpatrone. Über diesen wird die Patrone geschoben und dann eine Porzellankappe auf den Stift aufgeschraubt. Letztere enthält in ihrer mittleren Bohrung ein messingenes Muttergewinde, das mit einem innen in der Kappe festgekitteten Messingblechring verbunden ist. Durch Aufschrauben der Kappe wird die Patrone festgepresst und dabei ihr unterer Kontaktring mit der einen, ihr oberer Kontaktring durch Vermittelung des Muttergewindes und des Messingstiftes mit der anderen Stromzuführung in gute elektrische Verbindung gebracht. Die Porzellankappe umgreift die Patrone von oben ein Stück weit, und ebenso umgreift sie eine auf der Grundplatte sitzende Porzellanhülse von unten, sodass nur der mittlere Teil mit dem Kenndrahte frei bleibt. Fig. 410 zeigt die Sicherung ohne Patrone im Schnitt (Massstab 1 : 2,5). Eine Schutzkappe aus imprägnierter Papiermasse deckt bis auf den Porzellankopf das Ganze nach aussen ab. Schraubt man den letzteren ab, so kann die Patrone ausgewechselt werden, ohne dass man die Papierkapsel zu entfernen braucht. Schmilzt die Sicherung durch, so wird nach aussen hin

nur das Durchschmelzen des Kenndrahtes mit seiner minimalen Metallmenge **wirksam.** Trotzdem sind auch noch die metallenen Zuführungsklemmen durch **ein Blatt** aus imprägnierter Papiermasse abgedeckt, um jedes Überspringen eines **Lichtbogens** auf dieselben zu verhüten. Eine zweipolige Sicherung (Fig. 411) **wird aus** zwei nebeneinander gesetzten **einpoligen** gebildet.

Um zu verhindern, dass in eine Sicherung eine Patrone für eine höhere als die richtige Stromstärke eingesetzt werden könne, ist die mittlere Bohrung jeder Patrone teilweise verengt. Die Verengung läuft nicht ganz durch, sondern ist so angebracht, dass der untere Teil der Öffnung grösseren Durchmesser besitzt, während der obere verengte Teil nur eben dem Gewindestifte den Durchgang gestattet. Die Verengung beginnt nun bei den Patronen für verschiedene Stromstärken in verschiedener Höhe, sodass der untere, weitere Raum verschiedene Länge besitzt. Entsprechend dieser Länge sind auf den Gewindestift eine oder mehrere Stellmuttern aus Isoliermaterial aufgeschraubt, über welche die Patrone nur mit dem weiteren Teile ihrer Bohrung passt, während sie durch die Verengung nicht hindurchgehen. Für eine je grössere Stromstärke eine Patrone bestimmt ist, desto tiefer reicht bei ihr die Verengung herab, bezw. desto kürzer ist der untere, weite Teil der Bohrung. Auf den Gewindestift der Sicherung sind aber um so mehr Stellmuttern aufgeschraubt, j e k l e i n e r die Normalstromstärke ist. Infolgedessen passen Patronen für eine höhere Stromstärke nicht darauf, da beim Aufschieben derselben der verengte Teil auf die Stellmuttern aufstösst, bevor die untere Kontaktfläche der Patrone den Kontaktring des festen Teiles erreicht hat. In Fig. 412 sind die sämtlichen vorkommenden Abstufungen dieser Sicherungen im Schnitte dargestellt, wodurch die vorstehende Beschreibung erläutert wird. Da jede Stellmutter 5 *mm* hoch ist, jede Sicherung um eine Mutter mehr besitzt, als die für die nächst höhere Stromstärke bestimmte, und der Abstand der Verengung vom unteren Ende der Patrone sich von einer Nummer zur anderen um ebenfalls 5 *mm* ändert, so bleibt jede Patrone in einer Sicherung für die nächst kleinere Stromstärke 5 *mm* über dem Boden sitzen. Diese Entfernung ist aber so gross, dass man die Patrone auch durch gewaltsames Aufschrauben der Porzellankappe nicht bis zum Kontaktringe herabdrücken kann.

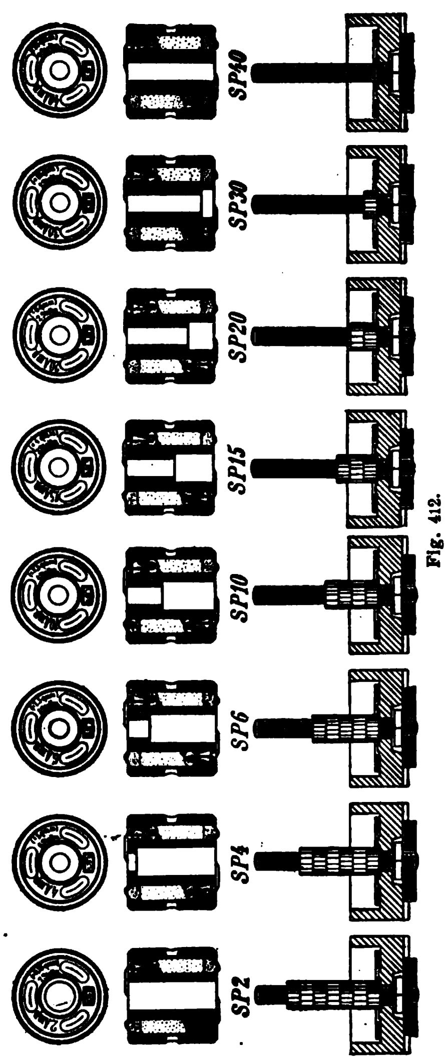


Fig. 412.

Die Abstufungen der Stromstärken bezw. der Leitungsquerschnitte, für welche diese Sicherungen ausgeführt werden, ergeben sich aus Fig. 412. Der grösste Querschnitt beträgt nur 16 *qmm* und diese Sicherungen sind daher wesentlich für Verteilungsleitungen in Innenräumen bestimmt. Die Firma stellt zur Befestigung der beschriebenen Sicherungen an den Wänden besondere Eisendübel her, welche eine mit passenden Gewindelöchern und Schrauben versehene Schiene tragen, auf welche die Sicherungen der verschiedenen Arten ohne weiteres aufgeschraubt werden können.

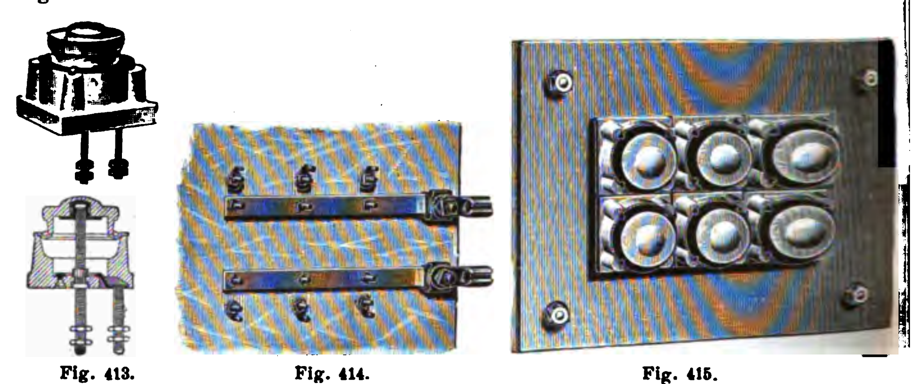


Fig. 413. Fig. 414. Fig. 415.

Für solche Anlagen, in welchen die Sicherungen für einzelne Stockwerke oder für grössere Räume zentralisiert werden sollen (vergl. Seite 397), können die beschriebenen Apparate in etwas abgeänderter äusserer Form zu Verteilungstafeln zusammengesetzt werden.

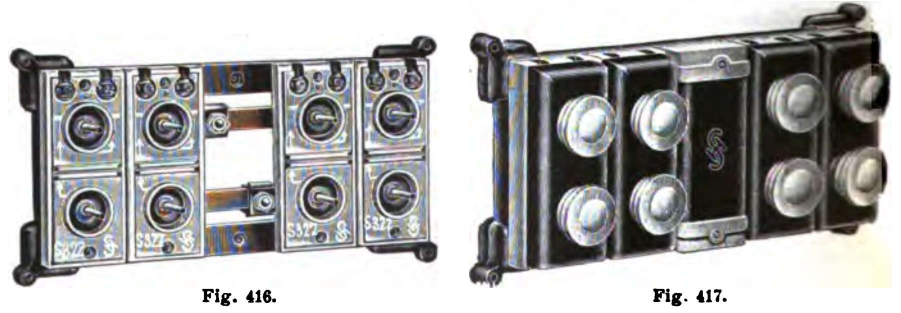


Fig. 416. Fig. 417.

Fig. 413 zeigt ein für diesen Zweck bestimmtes einpoliges »Sicherungselement« in Ansicht und im Schnitt (ohne Patrone). Der Rand des Porzellankästchens ist hier höher wie bei Fig. 409. Es wird durch ein Blatt inprägnierter Papiermasse mit runder Öffnung abgedeckt. Die nach unten herausragenden Schrauben dienen zur Stromleitung. Die eine davon wird an einer mit der Stromquelle verbundenen Metallschiene befestigt, die andere mit dem einen Pole der zu sichernden Leitung verbunden. Fig. 414 veranschaulicht den Aufbau einer kleinen Verteilungstafel mit drei zweipolig gesicherten Abzweigungen von hinten Fig. 415 von vorne. In dieser Weise können Verteilungstafeln beliebiger Grösse zusammengebaut werden. Stets wird dabei die Hauptleitung zu zwei Flachkupferschienen geführt und auf jeder von diesen werden soviel einpolige Sicherungen befestigt, als Abzweigungen angebracht werden sollen. Das Ganze kann auf einem Holzrahmen mit gusseisernen Füssen, oder auf einer Schiefer- oder Marmortafel montiert werden. Fig. 416 zeigt eine derartige Tafel mit Holzrahmen nach Abnahme

der Porzellankappen und der Schutzkapseln aus Papiermasse. Mittels der beiden in der Mitte sichtbaren Schrauben wird die Zuleitung an den beiden Schienen befestigt. Dieselbe Tafel ist Fig. 417 in fertigem Zustande dargestellt. Sämtliche blanken Teile, auch die Schienen in der Mitte, sind durch Papierkapseln abgedeckt. Fig. 418 gibt die Abbildung einer auf einer Schieferplatte montierten Verteilungstafel mit durchlaufender Hauptleitung (Steigleitung) und den Abzweigleitungen. Zum Auswechseln einer durchgeschmolzenen Patrone ist es nur erforderlich, die zugehörige Porzellankappe abzuschrauben.

Für Spannungen von 550 Volt und darüber stellen Siemens & Halske Schmelzpatronen von etwas abgeänderter Form (Mod. H P) ebenfalls mit silbernem Schmelz- und Kenndrahte her. Diese enthalten in sich das messingene Muttergewinde für die eine Stromzuleitung sodass die Porzellankappe entfällt.

Weitere Einzelheiten und Verwendungen des neuen Sicherungs-Systems sind von Hundhausen in der »ETZ« 1897, Seite 27 und 41 und 1898, Seite 571 beschrieben.

In anderer Weise hat die »Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft« Sicherungen





Fig. 418.

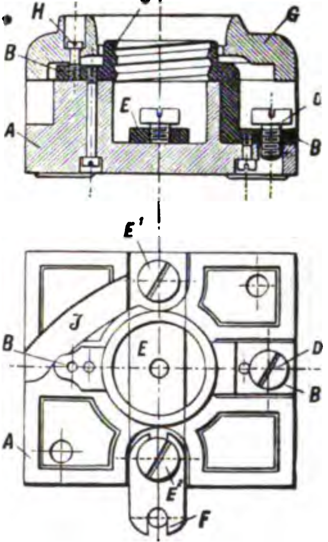


Fig. 419.

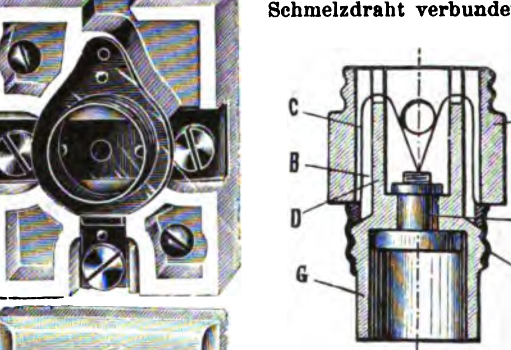
geschaffen, welche ebenfalls präzises Funktionieren, unbedingtes Erlöschen des momentan entstehenden Lichtbogens und vollkommene Feuersicherheit gewährleisten. Als Schmelzmetall dient Silber und, wie bereits erwähnt, ist die A. E. G. die erste Fabrik gewesen, welche dieses Metall an Stelle des Bleies und seiner Legierungen verwendet hat.[1]) Diese sogenannten Universal-Sicherungen sind so konstruiert, dass sie selbst bei Spannungen von 550 Volt beim Durchschmelzen noch keinen dauernden Lichtbogen entstehen lassen. Sie können also z. B. in Dreileiter-Anlagen von 2 × 220 Volt Betriebsspannung ohne weiteres Verwendung finden. Sie eignen sich wesentlich für Verteilungsleitungen und werden für Stromstärken bis 60 Ampère gebaut.

Die neue A. E. G.-Sicherung ist durch Umgestaltung der Edisonschen Stöpselsicherung entstanden. Den festen Teil der Sicherung zeigt Fig. 419 im Schnitte und in der Draufsicht. Er besteht nur aus Porzellan und Metall. Auf der porzellanenen Grundplatte *A* ist ein Messingteil montiert, der das Edison-Muttergewinde *C* und die Schraubklemme *G* für die eine Zuleitung enthält. Die zweite Zuleitung geschieht zu der Klemmschraube E_1 der Kupferschiene *E*, welche unterhalb des Edisongewindes durchläuft. Der porzellanene Deckel *G* wird auf das

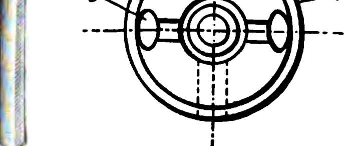
[1]) Vergl. Passavant, »E. T. Z.« 1898, S. 591.

Unterteil *A* aufgesetzt und mit Schraube *H* befestigt. Er deckt die metallenen Zuleitungsstücke nach oben ab. Fig. 420 stellt Unterteil und Deckel in perspektivischer Ansicht von oben dar.

In den vorbeschriebenen festen Teil wird eine Schmelzpatrone in Form eines Stöpsels eingeschraubt. Diese zeigt Fig. 421 im Schnitt und in der Ansicht von oben bei abgenommenem Schutzdeckel. Der Stöpsel ist in der Hauptsache ein Porzellankörper *A* und *G* mit verschiedenen Hohlräumen. Die untere Hälfte ist aussen zum Teil umgeben von dem Edison-Blechgewinde *E*, während im Inneren das massive Messingstück *F* befestigt ist. Diese beiden Metallteile sind durch den silbernen Schmelzdraht verbunden. In Wirklichkeit sind es deren zwei, die parallel geschaltet und beiderseits mit den Kontaktstücken verlötet sind. Wie aus der Abbildung ersichtlich, geht jeder Schmelzdraht von dem Blechgewinde *E* aus durch einen ziemlich engen Kanal *B* und biegt dann







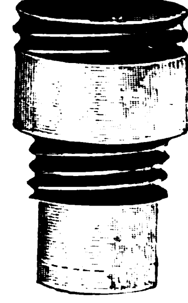
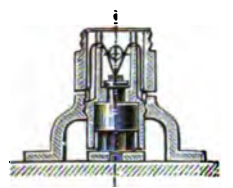


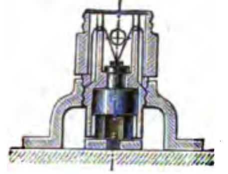
Fig. 420. Fig. 421. Fig. 422.

in den mittleren, weiteren Hohlraum ein. Auf diese Art wird eine beträchtliche Länge des Schmelzdrahtes erreicht und zugleich die beiden Kontaktteile *E* und *F* durch eine ziemlich hohe Scheidewand getrennt. Da beim Durchbrennen der heisse Metalldampf wesentlich nach oben steigt, kann erst bei einer Spannung, welche 550 Volt übersteigt, ein Lichtbogen von *E* nach *F* oben herüberschlagen. Nach unten zu befindet sich zwischen diesen Teilen ebenfalls eine Scheidewand, der porzellanene Hohlzylinder *G*. Die die Schmelzdrähte enthaltenden Hohlräume werden mit trockenem Sand oder Schmirgel gefüllt, ein Deckel aus Asbestpappe darauf gedrückt und ein Schutzdeckel aus Messingblech übergeschraubt. Die äussere Ansicht der fertigen Patrone gibt Fig. 422.

Schraubt man den Stöpsel in das Unterteil der Sicherung ein, so ist durch das Edisongewinde der Kontakt mit dem einen Pole der Zuleitung ohne weiteres vermittelt. Die Verbindung zwischen dem Messingstück *F* des Stöpsels und der Schiene *E* des Unterteiles (Fig. 419) geschieht dadurch, dass auf die letztere, und zwar unmittelbar unterhalb des Edisonmuttergewindes, ein sechseckiges Kontaktstück von solcher Höhe geschraubt wird, dass beim Einschrauben des Stöpsels in das Edisongewinde die untere Fläche des Messingteiles *F* des Stöpsels (Fig. 421) sich auf die obere Fläche des eben genannten Kontaktstückes presst.

Um nun die Schmelzpatronen für verschiedene Stromstärken unverwechselbar zu machen, erhalten die auf die Kontaktschiene *E* des Unterteiles (Fig. 419)





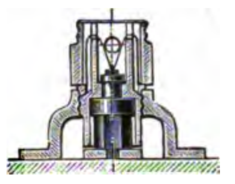


Fig. 423.

aufzusetzenden sechskantigen Kontaktstücke eine um so geringere Höhe, für eine je kleinere Stromstärke die Sicherung bestimmt ist. Dementsprechend muss die untere, breite Kontaktplatte *F* (Fig. 421) des Stöpsels desto weiter nach unten reichen, d. h. desto dicker sein, je niederer die Stromstärke ist. Schraubt man einen Stöpsel für grössere Stromstärke in ein Unterteil, das für schwächeren Strom bestimmt ist, so kann dessen innerer Kontaktteil *F* das zu niedere Kontaktstück des Unterteiles nicht erreichen. Fig. 423 zeigt in kleinem Massstabe drei Sicherungen mit eingeschraubten Stöpseln im Durchschnitt, welche (von links nach rechts gezählt) für Stromstärken von bezw. 30, 40 und 60 Ampère bestimmt sind. Die sämtlichen Abstufungen der Stromstärke, für welche diese Sicherungen hergestellt werden, sind 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30,



Fig. 424.



Fig. 425.

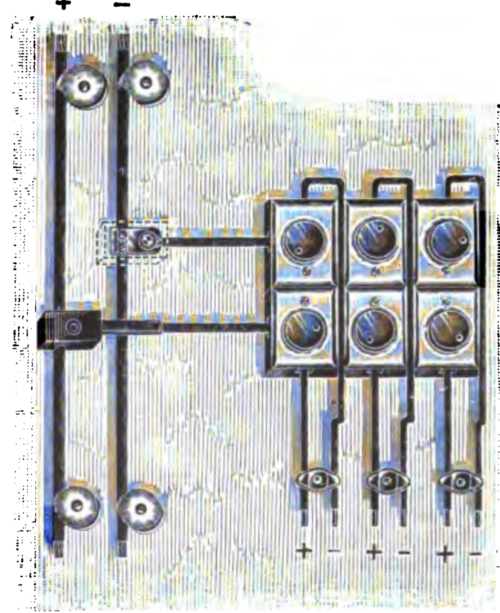


Fig. 426.

40 und 60 Ampère. Der Unterschied in der Höhe des sechskantigen Kontaktstückes beträgt von Stufe zu Stufe etwa 2 *mm*.

Ähnliche Schmelzstöpsel, jedoch ohne den Porzellanmantel am Unterteile werden in noch zwei kleineren Grössen (geringerer Durchmesser des Edisongewindes) hergestellt.

Die vorbeschriebenen Sicherungen können in beliebig grosser Zahl aneinandergesetzt und auf diese Art Abzweigstellen für einzelne Leitungen oder für Gruppen von solchen geschaffen werden. Die einzelnen einpoligen Elemente werden dabei auf eisernen Dübeln befestigt, welche eine angegossene flache Schiene tragen (Fig. 424). Zur Verbindung der entsprechenden Pole der einzelnen Sicherungen untereinander dienen passend geformte Verbindungsstücke mit Schlitzen, die unter die Klemmschrauben der Sicherungen geklemmt werden. Die Abzweigung einer einzelnen Leitung von einer Hauptleitung veranschaulicht

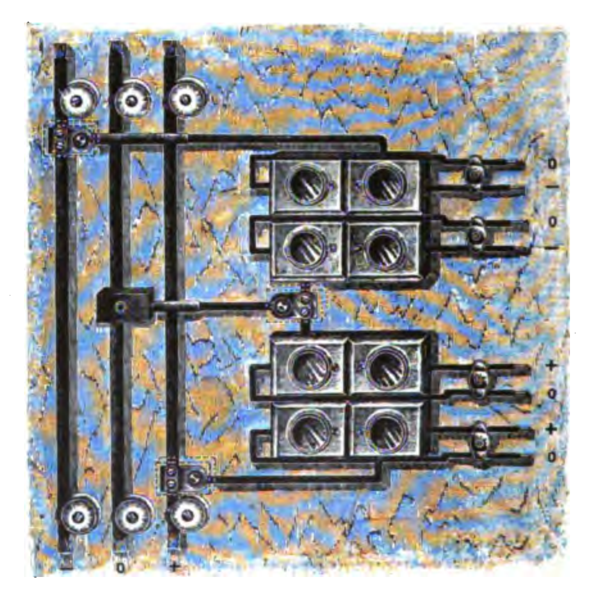


Fig. 427.

Fig. 425, eine solche von drei Abzweigleitungen zeigt Fig. 426. An den Verbindungsstellen mit der Hauptleitung werden die blanken Teile nicht mit Isolierband umwickelt, sondern es wird über jede solche Stelle eine isolierende Schutzkappe (sogenannter Reiter) gesetzt. Endlich zeigt Fig. 427 die Abzweigung von vier Zweigen von einer Dreileiter-Hauptleitung (vergl. **105**). Die Zweigleitungen gehen zu je zweien von den beiden Seiten des mit 0 bezeichneten Mittelleiters ab.

Die bis jetzt beschriebenen Sicherungen sind sämtlich für kleine und mittlere Stromstärken (bis höchstens 60 Ampère) gebaut und hauptsächlich dafür bestimmt, in dem Netze der Verteilungsleitungen innerhalb von Gebäuden verwendet zu werden. Für stärkere Ströme (bezw. für Leitungsquerschnitte von mehr als 25 *qmm*) sind Streifen aus Bleiblech oder aus Bleilegierungen, neuerdings auch freiliegende Silberdrähte in Gebrauch. Die ersteren schneidet man meistens im mittleren Teile, an dem sie durchschmelzen sollen, etwas schmäler als an den Enden. Mit diesem sind sie in kräftige Kontaktstücke aus verzinntem

Messing oder Rotguss gelötet (Fig. 428). Diese mit Schlitzen oder Ösen versehenen Endfassungen des Streifens werden durch geeignete Schrauben mit Unterlagscheiben auf grössere Metallstücke, die auf einer isolierenden und feuersicheren Unterlage montiert sind, aufgepresst.

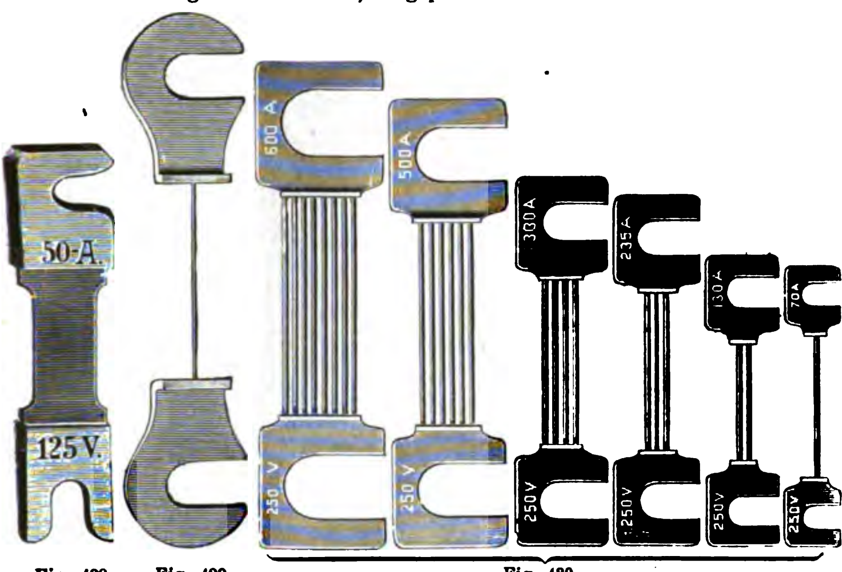


Fig. 428. Fig. 429. Fig. 430.

Ein Schmelzstück aus Silberdraht zeigt Fig. 429. Auch hier sind an die Enden des Schmelzstückes besondere Kontaktstücke zum Einspannen desselben gelötet. Dadurch wird ein Zerdrücken oder Zerren des Drahtes vermieden und zugleich guter Kontakt gesichert. Schmelzstücke für grosse Stromstärken fertigt man nicht aus Silberblech, sondern aus einer Anzahl parallel geschalteter Drähte von je 1,5 bis 2,0 *mm* Durchmesser.

Auch bei diesen Konstruktionen können die für verschiedene Stromstärken bestimmten Schmelzstücke unverwechselbar gestaltet werden. Fig. 430 zeigt einen dafür eingerichteten Satz von sieben Schmelzstücken aus Silberdraht von S. Bergmann & Co. Je zwei aufeinanderfolgende Stücke haben gleichen Abstand der Schlitze, aber verschiedene Weite derselben. Der Schlitzweite entspricht der Durchmesser der Schraubenbolzen, auf welche die Endkontakte der Schmelzstücke aufgeschoben werden. Es passt daher stets nur das für die richtige Stromstärke bestimmte Stück.



Fig. 431. Fig. 432.

Derartige Sicherungen bringt man vorwiegend an solchen Stellen an, wo sie sich ständig unter Aufsicht befinden, z. B. an Schalttafeln, und lässt sie in diesem Falle häufig ohne Schutzhülle.

Fig. 431 und 432 zeigen Klemmenfassungen zur Aufnahme so geformter Sicherungsstreifen von der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft«. Bei der ersteren steht der Streifen hochkant gegen die Grundplatte, bei der

letzteren liegt er flach. Eine einpolige Sicherung der »Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft, vormals Schuckert & Co.«, zum Einschieben einer streifenförmigen Bleipatrone zeigt Fig. 433. Diese Form wird für Ströme bis etwa 60 Ampère benutzt. Für höhere Stromstärken spaltet dieselbe Firma breite Streifen aus einer Zinnlegierung im mittleren Teile ihrer Länge

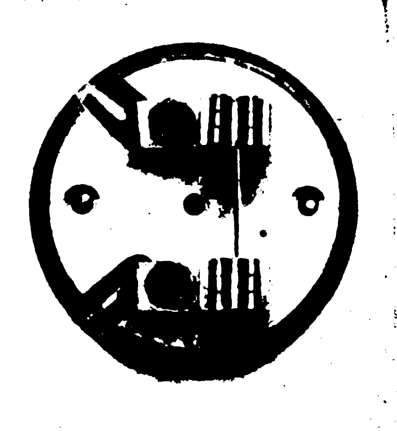


Fig. 433.



Fig. 434.

in eine grössere Anzahl schmaler Streifen (1 bis 2 *mm* breit), die nach beiden Seiten bogenförmig auseinander gebogen werden. Diese Form gewährleistet ein besonders präzises Durchschmelzen. Fig. 434 zeigt eine einpolige Sicherung dieser Art, die auf Schiefer montiert ist und durch



Fig. 435.

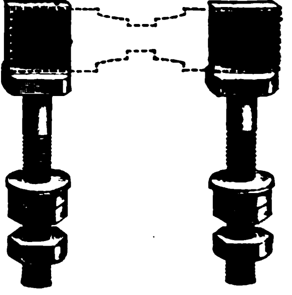


Fig. 436.

eine Schutzkapsel aus Blech abgeschlossen werden kann. Derartige Sicherungen werden stets in vertikaler Stellung des Bleistreifens befestigt. Fig. 435 ist eine zweipolige Sicherung von Voigt & Haeffner abgebildet. Auf der Mitte der schiefernen Grundplatte ist ein durchlaufender Steg, ebenfalls aus Schiefer,

befestigt, der die beiden Bleistreifen nebst den zugehörigen Klemmen voneinander trennt und beim Durchschmelzen das Herüberbrennen eines Lichtbogens vom einen Pol zum anderen verhindert. Der Apparat wird mit der dabei abgebildeten Kapsel aus Blech oder Papiermasse überdeckt.

Fig. 436 veranschaulicht eine einpolige Sicherung, welche bestimmt ist, ohne besondere Grundplatte direkt auf einer Schalttafel montiert zu werden. Die Zuleitung zu den Klemmfassungen geschieht durch die beiden Schraubenbolzen, welche die Schalttafel durchsetzen, von der Rückseite der letzteren aus.

Wie schon früher erwähnt, pflegt man mehrpolige Sicherungen häufig so einzurichten, dass durch sie zugleich die Abzweigung der zu sichernden Leitung von einer stärkeren bewirkt wird. Zu diesem Zwecke besitzt der Apparat zwei Klemmen, durch welche die Hauptleitung hindurch-

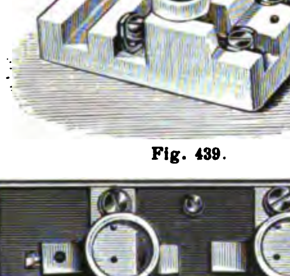


Fig. 439.



Fig. 437.

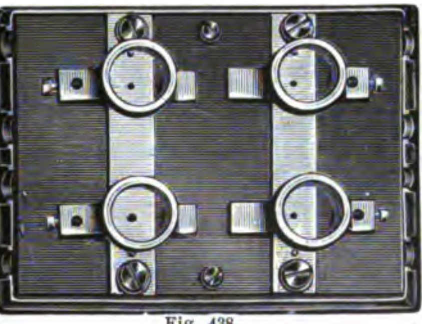


Fig. 438.



Fig. 440.

geführt wird, und zwei andere zum Ansetzen der Enden der Zweigleitung. Zwischen je eine Klemme für die Haupt- und eine für die Zweigleitung wird ein Schmelzstück eingesetzt. Eine derartige Konstruktion, bei welcher die sogenannten Edisonstöpsel als Schmelzstücke verwendet werden, veranschaulicht Fig. 437. Die beiden auf der Grundplatte aufliegenden Schienen werden in die beiden Stränge der Hauptleitung eingesetzt. Jede Schiene wird überbrückt durch ein davon isoliertes Metallstück, das ein Edison-Muttergewinde besitzt und mit einer Schraubklemme versehen ist. An diese wird je ein Strang der Zweigleitung angesetzt. Schraubt man einen Edisonstöpsel ein, bis dessen untere Kontaktplatte sich auf die Schiene aufpresst, so ist die Verbindung hergestellt. Über den Apparat kommt eine Schutzkapsel aus Blech. Um an eine und dieselbe Stelle einer Hauptleitung gleichzeitig zwei Zweigleitungen anzusetzen, kann die doppelte Abzweigungssicherung Fig. 438 dienen. Auch hier werden die beiden auf der Platte aufliegenden Schienen in die Hauptleitung eingeschaltet. Eine für eine einfache Abzweigstelle bestimmte zweipolige Sicherung der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft ist in Fig. 439 abgebildet. Wie bei der früher (Fig. 396) abgebildeten Sicherungsform dieser Firma stecken auch hier die Metallteile fast ganz in der aus Porzellanmasse geformten Grundplatte. Die Hauptleitung wird in die beiden Rinnen eingelegt und unter die

darin befindlichen Schrauben geklemmt, mit welchen die beiden Edisongewinde fest verbunden sind. An die rechts gezeichneten Klemmen kommt die Zweigleitung.

In gleicher Weise ist die Fig. 440 abgebildete Konstruktion von Bergmann & Co. bestimmt, zwei Abzweigungen von einer Hauptleitung mit Hilfe einzusetzender Bleistreifen zweipolig zu sichern, wo es sich um grössere Stromstärken handelt. Der aufrecht stehende Steg aus Schiefer hat den gleichen Zweck, wie bei Fig. 405.

Bei feuchten und nassen Räumen richtet man es am besten so ein, dass die erforderlichen Sicherungen ausserhalb derselben angebracht werden. Wo dies nicht angängig ist, verwendet man Sicherungen, deren sämtliche Teile in eine Kapsel aus Gusseisen eingeschlossen sind, welche durch einen ebenfalls gusseisernen Deckel mit Gummidichtung wasserdicht geschlossen wird. Die Leitungen werden durch angegossene Rohransätze eingeführt, die man alsdann mit Harzkitt vergiesst. Formen dieser Art sind im Abschnitt VII abgebildet.

Kleine Schalttafeln zur Abzweigung einer grösseren Anzahl Leitungen in solchen Anlagen, wo das Prinzip der Zentralisierung der Sicherungen durchgeführt ist, finden sich später (Abschnitt »Schalttafeln«) beschrieben.

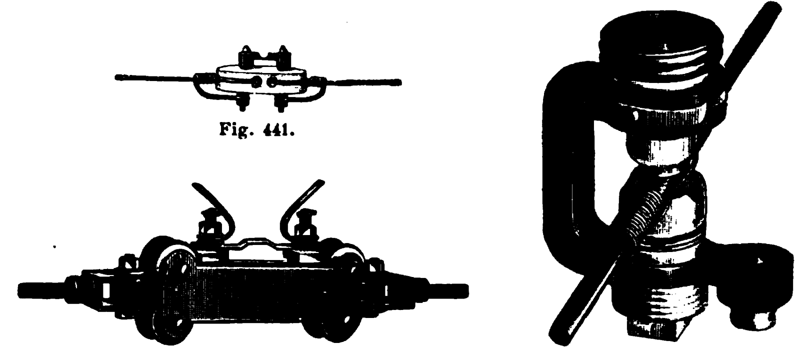


Fig. 441.

Fig. 442.

Fig. 443.

147. Sicherungen für besondere Zwecke. Bleisicherungen, welche in oberirdisch geführten Leitungen im Freien Verwendung finden sollen, sind den Einflüssen der Witterung ausgesetzt und müssen dementsprechend gebaut sein; die bisher beschriebenen Konstruktionen für Innenräume sind für Leitungen im Freien nicht geeignet. Von den zahlreichen bereits ausgeführten Formen von Luftleitungssicherungen seien nur einige wenige hier erwähnt.

Die Sicherung Fig. 441 von Siemens & Halske ist für Leitungen von geringem Querschnitte bestimmt. Sie wird, wie die Abbildung zeigt, in die Leitung so eingespannt, dass die beiden Enden des Leitungsdrahtes durch die Löcher eines Porzellanstückes gesteckt, zu Schlingen zugedreht und unter die Kopfschrauben der beiden Messingbolzen geklemmt werden. Letztere sind auf der anderen Seite des Porzellanstückes durch ein Bleistreifchen oder durch einen Silberdraht verbunden. Für stärkere Leitungen findet die Konstruktion Fig. 442 derselben Firma Verwendung, welche einen grösseren Zug auszuhalten vermag. Die Enden der Leitung sind mit kräftigen Metallstücken verschraubt, zwischen denen das Schmelzstück eingespannt ist. Der Zug wird aufgenommen durch zwei Metallflanschen, welche von den erstgenannten Teilen durch die in der Abbildung deutlich sichtbaren Porzellanrollen isoliert sind. Diese beiden Sicherungen sind nicht weiter bedeckt oder eingehüllt. Infolgedessen muss der Kontakt der Teile, die nur verschraubt, nicht verlötet sind, mit der Zeit sich verschlechtern. Ausserdem bildet sich an der Oberfläche des Schmelzstückes, falls es aus Blei besteht, allmählich kohlensaures Blei. Deswegen ist ein öfteres Nachsehen und Instandsetzen solcher Vorrichtungen unerlässlich.

Für den Fall, dass die Sicherung einer Luftleitung unmittelbar an der Abzweigstelle von einer stärkeren Leitung angebracht werden soll, haben ihr Voigt & Haeffner die Fig. 443 abgebildete Form gegeben. An der blanken Hauptleitung ist eine Porzellanrolle mit Bindedraht befestigt. Diese Rolle trägt isoliert einen kräftigen Metallbügel, mit dessen einem Ende der abzweigende Leitungsdraht verschraubt wird, während das andere Ende zu einem Ringe mit eingeschnittenem Edisongewinde sich erweitert. Die Verbindung des Abzweigdrahtes mit der Hauptleitung geschieht dadurch, dass man in das Edisongewinde des Bügels einen gewöhnlichen Bleistöpsel einschraubt, dessen unteres Kontaktplättchen dadurch auf die Hauptleitung aufgepresst wird.

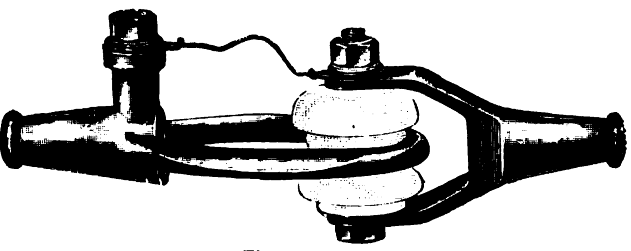


Fig. 444. Fig. 445.

Für den gleichen Zweck bringen Siemens & Halske eine Patronensicherung der in Fig. 409 abgebildeten Art auf einem Porzellanisolator an und schützen sie durch ein Regendach aus Porzellan gegen die Witterung (Fig. 444). Fig. 445 zeigt eine Freileitungs-Sicherung der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft«. Die Hauptleitung ist mit dem rechten Kabelschuh verbunden. Dieser erweitert sich nach links zu einer Gabel, welche ein porzellanenes Isolierstück aufnimmt. Um letzteres ist eine kräftige Öse gelegt, die einen Kabelschuh für die Zweigleitung trägt. Die beiden voneinander isolierten Metallstücke werden durch das beiderseits verschraubte Schmelzstück aus Silberdraht miteinander verbunden.



Fig. 446.

Für Sicherungen, welche im Freien an Wänden, Masten oder Stangen angebracht werden sollen, verwenden Voigt & Haeffner die Form Fig. 446, die analog dem in Fig. 367 abgebildeten Ausschalter derselben Firma gebaut ist. Eine gusseiserne Kapsel enthält auf Porzellan montiert die Metallklemmen, zwischen welche die Schmelzstücke eingeschoben werden. Die Abbildung zeigt eine zweipolige Sicherung, deren beide Klemmenpaare durch einen Steg aus Porzellan getrennt sind. Der Apparat wird durch den mit abgebildeten eisernen Deckel mit Gummidichtung geschlossen; die Einführung der Leitungsdrähte geschieht von unten; die Einführungsstellen werden mit einer Harzmischung zugegossen.

In den gewöhnlichen Einzel-Beleuchtungsanlagen für Gleichstrom und in den Hausinstallationen von Zentralanlagen kommen höhere Betriebsspannungen als etwa 220 Volt zur Zeit nicht vor, auch dann nicht, wenn Dreileitersystem mit 2 × 220 Volt vorliegt, da ja die Lampen immer nur auf je eine Seite des Mittelleiters geschaltet werden.

Daher wird von der Beschreibung von sogenannten Mittelspannungs- und Hochspannungs-Sicherungen hier abgesehen.

Fassungen für Glühlampen. Steckkontakte.

148. Über die Konstruktion der gebräuchlichsten **Fassungen** zum Einsetzen der Glühlampen wurde schon bei Besprechung der letzteren (vergl. **96**) einiges erwähnt. Von einer zweckmässig konstruierten Fassung ist zu verlangen, dass die Lampe auch von wenig geübten Händen schnell und bequem eingesetzt und herausgenommen werden könne, dass aber die einmal eingesetzte Lampe sich nicht von selbst zu lockern imstande sei und der Kontakt dauernd gut bleibe. Es sollen ferner in der Fassung nur feuersichere Materialien (Metall und Porzellan) vorhanden sein, wegen der mit den hier und da vorkommenden Kurzschlüssen verbundenen Feuererscheinung. Die Befestigung der Fassungen geschieht gewöhnlich durch Anschrauben an die Beleuchtungskörper mittels eines am unteren Teile der Fassung angebrachten Muttergewindes.


Fig. 447.


Fig. 448.


Fig 449.

Die am meisten verbreitete Edison-Fassung ist in Fig. 447 in einer Ausführung der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« in äusserer Ansicht abgebildet. Der oberste, geränderte, aus Porzellan bestehende Ring lässt sich herausschrauben, worauf der Blechmantel abgenommen werden kann. Auf dem tellerartigen Unterteil ist ein Porzellanstück, der sogenannte Fassungsstein montiert. Dieser trägt ein langes Stück Edison-Blechgewinde, das unten seitlich ausgeschnitten ist, innerhalb desselben das federnde zweite Kontaktstück, auf welches das untere Metallplättchen der Glühlampe beim Einschrauben sich aufpresst, und endlich die Klemmschrauben für die Zuleitungen (vergl. die Schnittfiguren 451 und 454). Bei manchen Fassungen ist der äussere Mantel nicht durch den von oben aufzuschraubenden Porzellanring befestigt, sondern durch einen übergeschobenen Gewindering aus Messing, der am Unterteil festgeschraubt wird und dabei den mit einem Ansatz versehenen Mantel an das Unterteil anpresst. Zum Befestigen der Zuleitungsdrähte wird die Fassung geöffnet, die Drähte durch das enge Gewindestück am Fusse der Fassung eingeführt und ihre von Isolierung entblössten Enden unter die bezüglichen Schrauben geklemmt.

Wenn die Zuleitungsdrähte zu der Glühlampenfassung wie gewöhnlich durch die enge Bohrung am Fusse eingeführt werden, ist Gefahr, dass einer oder beide Drähte an dieser Stelle mit dem Metalle der Fassung Schluss bekommen. Um diese Möglichkeit auszuschliessen, führt Peschel die Leitungen von aussen zu. Zu diesem Zwecke trägt die Fassung seitlich zwei diametral einander gegenüberstehende Schraubklemmen, die durch die Metallhülse der Fassung mittels Porzellanisolierung hindurchgeführt sind (Fig. 448). *Diese* Fassungen werden von Hartmann & Braun ausgeführt.

Die sogen. Swan-Fassung (Fig. 449), auch Edison-Swan-Fassung genannt, ist für Glühlampen mit dem Fig. 212 abgebildeten Fusse bestimmt. Sie enthält *als* Zuleitungskontakte zwei Messingstifte, die von Spiralfedern nach oben gedrückt

werden. Steckt man den Lampenfuss durch Druck und kleine Drehung so in die Fassung ein, dass dessen seitlich angebrachte Stifte in die Bajonett-Schlitze zu sitzen kommen, so werden dabei die erwähnten federnden Stifte etwas zurückgedrückt, sodass sie dauernd mit Druck gegen die auf der Unterseite des Glüh-

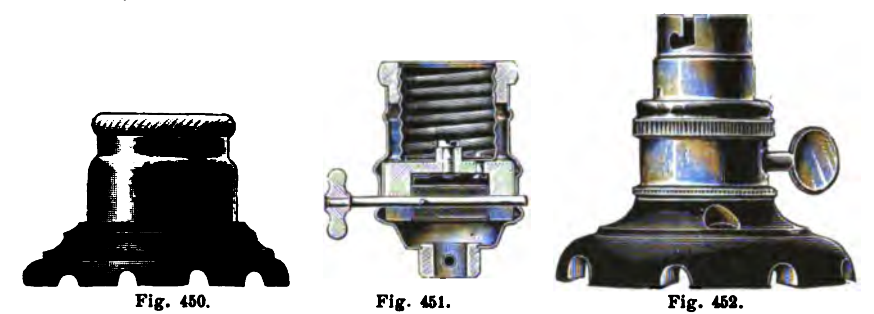


Fig. 450. Fig. 451. Fig. 452.

lampenfusses angebrachten Kontaktstücke der Lampe liegen. Diese Fassung eignet sich besonders für Lampen, welche Erschütterungen ausgesetzt sind (z. B. in Eisenbahnwagen, Dampfschiffen u. dergl.), weil die Glühlampe sich von selbst kaum lösen kann.

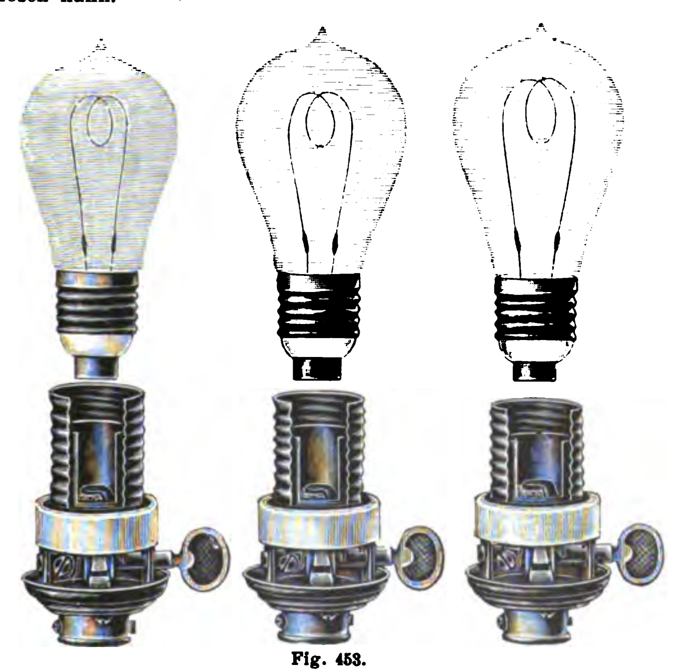
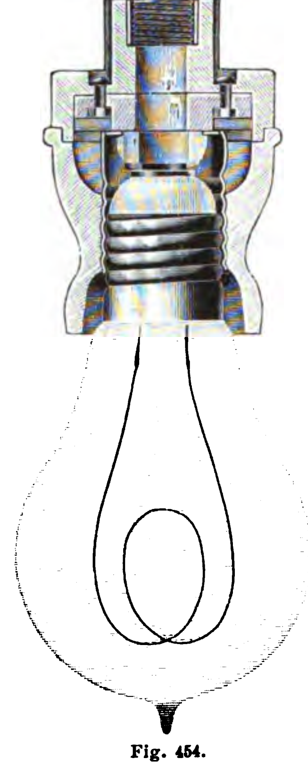


Fig. 453.

Zur unmittelbaren Befestigung an den Wänden, auf Schalttafeln u. s. w. sind auch Fassungen im Handel, welche auf einer Grundplatte aus Porzellan oder Schiefer montiert sind (sogenannte Wandfassungen). Fig. 450 zeigt eine Edison-Wandfassung. Die Drähte werden diesen Fassungen durch Nuten in der Grundplatte seitlich zugeführt.

Die schon bei den Ausschaltern (**138**) erwähnten sogenannten **Hahnfassungen** werden ebenfalls in den beiden vorstehend genannten, zum Anschrauben an Beleuchtungskörper, bezw. zum Befestigen an der Wand bestimmten Formen ausgeführt. Bei diesen ist unterhalb der Lampenfassung ein kleiner Ausschalter angebracht. Dieser ist einpolig und gewöhnlich in die Zuleitung zu dem unteren Kontaktplättchen des Lampenfusses eingesetzt. Beim Öffnen springt er durch Federkraft auf. Eine gemeinsame Hülse umgibt Fassung und Ausschalter. Fig. 451 zeigt eine Edison-Hahnfassung von Voigt & Haeffner im Schnitt, Fig. 452 eine Swan-Wandfassung mit Hahn (von der Allgem. Elektr.-Gesellschaft) in äusserer Ansicht.





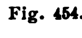


Fig. 454.

Um zu verhüten, dass in eine Fassung eine Glühlampe für grössere als die gewünschte Lichtstärke (bezw. Stromstärke) eingesetzt werden könne, stellt die »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« Edison-Fassungen her, bei denen in dem Innenraum des Blechgewindes ein Metallring eingesetzt ist. Dieser hat verschiedene Höhe und das untere Kontaktstück der zugehörigen Lampenfüsse verschiedene Länge, die um so grösser ist, je kleiner die anzuwendende Stromstärke. Versucht man nun, eine Lampe für eine höhere als die richtige Stromstärke einzuschrauben, so stösst der Gewindeteil des Lampenfusses auf den Einsatzring der Fassung auf, bevor das untere Kontaktstück der Lampe die Kontaktfeder am Boden der Fassung erreicht hat und die Lampe kann nicht brennen. Drei verschiedene Fassungen dieser Art, nebst den zugehörigen Lampen zeigt Fig. 453.

Für manche Zwecke, z. B. für feuchte oder schädliche Dünste enthaltende Räume werden Fassungen hergestellt, die ganz in Porzellan eingehüllt sind. In Fig. 454 ist eine Edisonfassung dieser Art von Bergmann & Co. im Schnitte dargestellt. Für nasse Räume macht man die porzellanumhüllten Fassungen wasserdicht und gibt ihnen eine Art Regendach, ebenfalls aus Porzellan (Fig. 455).



Fig. 455.

Entsprechend den zahlreichen noch existierenden Formen der Glühlampenfüsse sind noch eine ganze Anzahl von Konstruktionen von Fassungen, und diese wieder für verschiedene Zwecke in verschiedenartigen Ausführungen im Gebrauch.

Der »Verband deutscher Elektrotechniker« arbeitet zur Zeit daran, diesem wenig erspriesslichen Zustande ein Ende zu machen und der Edison-Fassung zur allgemeinen Einführung als Normalfassung in Deutschland zu verhelfen. Zu dem Zwecke hat er zunächst die Dimensionen des Edison-Gewindes durch Aufstellung bestimm-

ter Normalien festlegen lassen. Von den hierauf bezüglichen Arbeiten seien besonders diejenigen von Hundhausen (ETZ 1898, S. 307 und 347; 1900, S. 654) erwähnt.

Es kommt öfter vor, dass in einem nur hier und da betretenen Raume an einer Anzahl von Stellen vorübergehend Beleuchtung durch eine Glühlampe gewünscht wird, ohne dass jemals mehr als eine Lampe gleichzeitig zu brennen brauchte (z. B. in grösseren Lagerräumen). Man erspart in diesem Falle die Anschaffungskosten mehrerer Lampen und Beleuchtungskörper durch Verwendung einer einzigen transportablen Glühlampe mit Steckkontakt. An allen Punkten, an welchen zeitweise Licht verlangt wird, sind geeignete Fassungen (Anschlussdosen) an der Wand oder sonstwie befestigt. Oder man wünscht eine Glühlampe nebst dem sie tragenden Leuchter aus anderen Gründen bequem verstellen zu können, z. B. an Schreibtischen, Toilettetischen, Nachttischen, Klavieren, Werkbänken u. s. w. In allen derartigen Fällen, wo die Zuleitung zur Lampe beweglich und daher leicht biegsam sein soll, bedient man sich des Steckkontaktes mit Anschlussdose. An der Fassung der Glühlampe ist in diesem Falle ein sehr biegsames Kabelstück mit einer wohl isolierten Doppelleitung von entsprechender Länge angebracht. Am Ende dieses Kabels sitzt ein sogenannter Steckkontakt (Anschlussstöpsel), d. h. zwei Kontaktstücke von solcher Form, dass sie in eine der genannten Anschlussdosen nur eingesteckt zu werden brauchen, um der Lampe den Strom zuzuführen. In der eingesteckten Stellung wird der Kontakt durch Federkraft am Herausfallen verhindert, doch ist die Sperrvorrichtung nicht scharf einspringend geformt, sodass ein leichter Zug genügt, um das Kontaktstück wieder herauszuziehen. Die Lampe kann also an jeder der genannten Stellen leicht zum Brennen gebracht und wieder weggenommen werden. Bei den gebräuchlichen Anschlussdosen für Stromstärken von 2 bis 6 Ampère beträgt der Abstand der Mitten der beiden runden Löcher etwa 19 *mm*, ihre Weite ca. 4,1 *mm*, die Länge der Kontaktstifte des Stöpsels, welche behufs Federns geschlitzt sind, 15 *mm*. Die Anschlussdosen müssen stets eine zweipolige Sicherung enthalten. Ein Stöpsel für niedere Stromstärke soll in eine Dose für höhere Stromstärke nicht hineinpassen.



Fig. 456.

Fig. 456 zeigt eine porzellanene Anschlussdose der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« nebst dem zugehörigen Steckkontakte, an welchem die Zuleitung in Form einer leicht biegsamen Doppelschnur befestigt ist.

Steckkontakte sollen bequem in die Anschlussdosen einzuführen sein, wobei aber die Möglichkeit, dass durch ungeschicktes Handhaben in der Dose Kurzschluss entsteht, ausgeschlossen sein muss. Das biegsame Zuleitungskabel schützt man öfters durch einen darüber gezogenen Kautschukschlauch. Über einen Versuch des »Verbandes Deutscher Elektrotechniker«, Normalien für Steckkontakte aufzustellen, vergl. ETZ 1899, S. 380; 1900, S. 654.

Vorschaltwiderstände.

149. Die in **86** mehrfach genannten Beruhigungs- oder Vorschaltwiderstände für Bogenlampen sind überall da erforderlich, wo Glühlicht und Bogenlicht zusammen, oder nur Bogenlampen in Parallelschaltung verwendet werden. Der in Ohm gemessene Betrag eines Vorschaltwiderstandes richtet sich danach, wieviel Volt von der disponiblen Spannung bei einer bestimmten Stromstärke darin verbraucht werden sollen. Der dem Widerstandsmaterial zu gebende Querschnitt hängt von der Stromstärke ab, welche der Rheostat aushalten soll. Man verlangt von einem Vorschaltwiderstande ungefähr folgendes:

1. Der Draht soll, solange die Bogenlampe mit normaler Stromstärke brennt, sich nur mässig erwärmen. Bei den höchsten Beträgen, welche der Strom beim Einschalten einer Lampe oder bei mangelhaftem Funktionieren des Reguliermechanismus erreicht, soll er nicht bis zum Glühen kommen.

2. Sämtliche Teile des Apparates sollen aus feuersicherem Materiale bestehen. Bezüglich der Isolation gilt das bei den Schmelzsicherungen Gesagte.

3. Der Apparat soll von einem Schutzgitter (aus gelochtem Blech oder dergl.) umgeben sein, sodass die stromführenden Teile verdeckt sind, die Luft jedoch ungehindert Zutritt hat.

4. Die Teile des Vorschaltwiderstandes seien, soweit die Erfüllung der vorgenannten Bedingungen es gestattet, auf einen möglichst kleinen Raum zusammengedrängt.

Wie der Betrag eines Vorschaltwiderstandes in jedem einzelnen Falle zu berechnen ist, ist schon in **86** gezeigt worden. Als Material für den Rheostaten dient gewöhnlich eine Neusilberkomposition (Nickelin, Rheotan oder dergl.), seltener Eisen. Man verwendet es gewöhnlich in Form von Drähten.

Den Widerstandsdraht pflegt man am häufigsten auf einen Zylinder aus feuersicherem Isoliermaterial, wie Porzellan, Chamotte, Schiefer, mit schraubenförmig umlaufender Nut zur Aufnahme des Drahtes aufzuwickeln. Fig. 457 zeigt einen Vorschaltwiderstand dieser Art von Körting & Mathiesen. Der Zylinder besitzt mehrere Längsnuten behufs besserer Abkühlung. Er ist an einem Gestell aus Gusseisen gelagert. Bei vertikaler Anordnung des Apparates

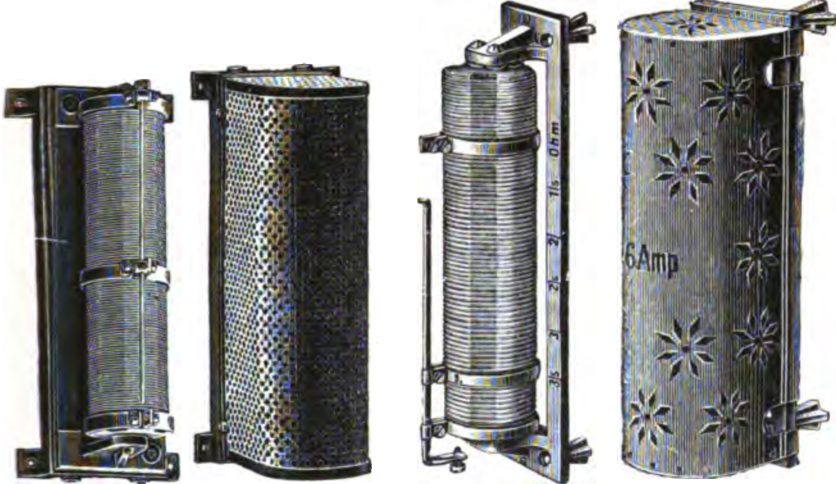


Fig. 457. Fig. 458.

wird durch den aufsteigenden Luftstrom eine sehr vollkommene Abkühlung erzielt. Der zugehörige Schutzkasten ist daneben abgebildet. Man kann nach Belieben den ganzen Widerstand, oder nur einen regulierbaren Betrag desselben einschalten. Zu dem letzteren Zwecke dient ein in der Abbildung sichtbarer Klemmring. Dieser ist verschiebbar und hat eine Führung an der an der unteren Endfassung befestigen vertikalen Stange. Klemmt man ihn durch Anziehen einer Schraube fest, so erhält er mit dem Widerstandsdrahte guten Kontakt und schliesst den Teil desselben kurz, der sich zwischen dem Klemmringe und der unteren Endfassung befindet. Einen ähnlichen Apparat der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« zeigt Fig. 458. Der Zylinder, der auf einem gusseisernen, mit eisernen Dübeln versehenen Rahmen befestigt ist, besteht aus Porzellan und besitzt mehrere breite Längsrinnen. (Porzellancylinder für diesen Zweck erhalten öfter auch statt der Nuten eine innere weite Höhlung zum Durchstreichen der Luft.) Hier ist, ausser dem mittleren Klemmringe, auch die obere Endfassung verstellbar. Der Rahmen trägt eine Teilung, an der der eingeschaltete Widerstand in Ohm abgelesen werden kann. Das Ganze wird durch die daneben abgebildete gelochte Blechkapsel geschlossen.



Fig. 459.

Voigt & Haeffner legen den Widerstandsdraht in Form von Spiralen um Platten aus Isoliermaterial, z. B. aus Porzellan, die auf gusseisernem Sockel montiert und mit passenden Nuten versehen sind (Fig. 459). Um derartige

Widerstände nach Bedarf auch regulieren zu können, erhalten sie die Form Fig. 460. Eine Schleifkurbel mit federndem Kontaktstück lässt sich auf der obersten Drahtspirale verstellen. Manche Firmen verwenden zu dem gleichen Zwecke gewöhnliche Kurbelrheostaten von der Form, die auch als Regulatoren für Dynamomaschinen dienen und im nächsten Kapitel beschrieben werden.

Wie Seite 211 erläutert, ist für die sogenannte Dreierschaltung, bei der drei Differentiallampen in Anlagen mit 110 Volt Betriebsspannung hintereinander geschaltet werden, ein »Anlasswiderstand« erforderlich, der beim Einschalten der Lampen voll eingeschaltet ist, damit die Stromstärke nicht zu hoch steige und innerhalb etwa 5 Minuten stufenweise ausgeschaltet wird. Einen derartigen Apparat von Siemens & Halske zeigt Fig. 461. Beim Drehen des runden Handgriffes bewegt sich eine Schleifkurbel über den Kontaktknöpfen, welche mit den in dem Kasten befindlichen Widerständen verbunden sind.

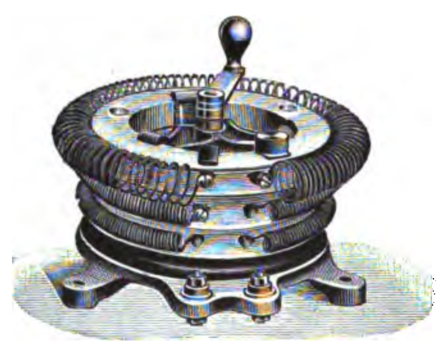


Fig. 460



Fig. 461.

Wieviel Ampère auf 1 *qmm* Drahtquerschnitt für ein bestimmtes Material gerechnet werden können, lässt sich nicht allgemein angeben, da die mehr oder weniger gute Abkühlung der Drähte von grossem Einfluss ist. Es kommt darauf an, ob die Spiralen, zu welchen man die Drähte gewickelt hat, enger oder weiter sind, ob sie frei in der Luft gespannt sind, oder aber teilweise an Isoliermaterial anliegen, oder gar ganz auf solches aufgewunden sind. Bei in der Luft gespannten Spiralen von nicht unter 5 *mm* Ganghöhe aus Nickelindraht von 1 bis 2 *qmm* Querschnitt kann man auf 1 *qmm* bis zu etwa 5 Ampère zulassen. Am besten stellt man bei jeder neuen Rheostatenform durch einen Versuch fest, wie hoch die Stromstärke unter normalen Verhältnissen gesteigert werden kann.

Es empfiehlt sich, wenn derartige Rheostaten in allgemein zugänglichen Räumen sich befinden, sie so hoch anzubringen, dass sie nicht mit der Hand erreicht werden können. Sind Bogenlampen weit von der Stromquelle entfernt, so bildet die lange Zuleitung einen Teil des vorzuschaltenden Widerstandes und der eigentliche Vorschaltwiderstand wird so einreguliert, dass er mit dem Widerstande der Leitung zusammen gerade den Betrag ergibt, der zum Verzehren des Überschusses der verfügbaren Spannung erforderlich ist. Dabei muss natürlich der Leitungsquerschnitt dem vorkommenden Strommaximum angepasst sein.

Regulierwiderstände.

150. Der Zweck der Regulierwiderstände für Dynamomaschinen ist schon wiederholt erwähnt. Es soll mittels derselben, bei Nebenschluss- und Kompoundmaschinen, in den Stromkreis der im Nebenschluss zum Anker liegenden Bewickelung der Elektromagnete ein variabler Widerstand eingeschaltet und dadurch die Stärke des Magnetfeldes verändert werden können. Bei Serienmaschinen zum Betriebe von Bogenlampen in Hintereinanderschaltung ist unter Umständen ein ähnlicher Widerstand vorhanden, der jedoch hier als Ersatzwiderstand für ausgeschaltete Lampen dient, also im Hauptstrome liegt (vergl. **106**). Nur wenn dieser Rheostat mehr als eine Lampe soll ersetzen können, ist er so eingerichtet, dass die Grösse des einzuschaltenden Teiles verändert werden kann. Um diese letztgenannten Widerstände, welche seltener vorkommen, gleich hier zu erledigen, sei hinzugefügt, dass der Querschnitt ihrer Drähte sich nach der Stromstärke richtet, mit welcher die in Serie geschalteten Lampen brennen, und dass dieser Querschnitt für die gesamte Drahtlänge der gleiche sein muss.

Die verbreitetste Form des Nebenschlussregulators enthält eine Anzahl Drahtspiralen auf einen Rahmen gespannt, sowie eine Schleifkurbel, durch deren Verschiebung über eine Anzahl von Kontaktstücken eine beliebige Anzahl der Spiralen eingeschaltet werden kann. Durch Änderung dieser Zahl soll im Betriebe, wenn die Stromstärke zu- oder abnimmt, die Klemmenspannung der Maschine konstant gehalten werden können. Dazu ist bei Nebenschlussmaschinen ein verhältnismässig grosser, bei Kompoundmaschinen ein nur kleiner Betrag des Regulierwiderstandes erforderlich. Die Zahl der einzelnen Abteilungen desselben, bezw. der Betrag des Widerstandes einer Abteilung, muss so gewählt sein, dass durch Verstellen der Kurbel um eine Abteilung die Klemmenspannung sich nur wenig, z. B. nur um 1 %, ändert. Damit dies für alle Felder zutreffe, muss der Widerstand der einzelnen Felder verschieden gross sein, und zwar der der zuerst einzuschaltenden Felder am kleinsten, der jedes folgenden Feldes etwas grösser.[1]) Es ist zulässig, dass der Querschnitt der Widerstandsdrähte gegen die letzten Abteilungen hin abnimmt, da diese mit geringerer Stromstärke beansprucht werden als die ersten. Die Drähte sollen für gewöhnlich nur mässig erwärmt werden. Da jedoch eine zufällige stärkere Erhitzung nicht ganz ausgeschlossen ist, so stellt man den Rahmen aus feuersicherem Material her, z. B.

---

[1]) Über die Berechnung derartiger Rheostaten vergl. Grawinkel & Strecker, Hilfsbuch, 7. Aufl.; Hunke, ETZ 1900, S. 801; Krause, ETZ 1902, S. 66.

aus Guss- oder Schmiedeeisen, und kann die Drähte z. B. an Porzellanrollen spannen. Häufig besteht der Teil, auf welchem die Kontaktknöpfe und die Kurbel sitzen, aus einer Schiefer- oder Marmorplatte. Die Kontaktstücke können im Halbkreise, im Kreise oder auch in einer geraden Linie angeordnet sein. Der Schleifkontakt der Kurbel muss so eingerichtet sein, dass er beim Verstellen das folgende Kontaktstück schon berührt, bevor er das vorhergehende ganz verlassen hat. Die Widerstandsdrähte können durch ein Schutzgitter verdeckt werden, was jedoch nicht unbedingt nötig ist. Als Material für die Widerstände dient gewöhnlich eine Neusilberkomposition. Für die ersten Abteilungen, welche nur kleinen Widerstand haben, dagegen für die grösste Stromstärke eingerichtet sein müssen, verwendet man wohl auch Messing oder Kupfer.

Der Regulierwiderstand für eine Dynamomaschine ist stets im Maschinenraume und zwar nahe bei dem Spannungszeiger angebracht, um die durch Verstellen der Kurbel hervorgebrachten Änderungen der Klemmenspannung sofort kontrollieren zu können. Am ersten Kontaktstücke (entsprechend dem Widerstande null) muss die Kurbel gegen einen Anschlag stossen. Dagegen braucht neben dem letzten Kontaktknopfe bei kleineren Dynamomaschinen kein Anschlag angebracht zu sein, sodass durch Weiterdrehen der Kurbel der Nebenschlussstromkreis ganz geöffnet werden kann, wodurch eine Nebenschlussmaschine stromlos, eine Kompoundmaschine fast stromlos wird.

Das Öffnen des Magnetstromkreises sollte indessen niemals geschehen, solange die Maschine mit voller Umlaufszahl läuft, da die Magnetwickelung sonst beschädigt werden kann (vergl. hierüber 139), sondern erst wenn man die Tourenzahl erheblich unter den normalen Betrag ermässigt hat.

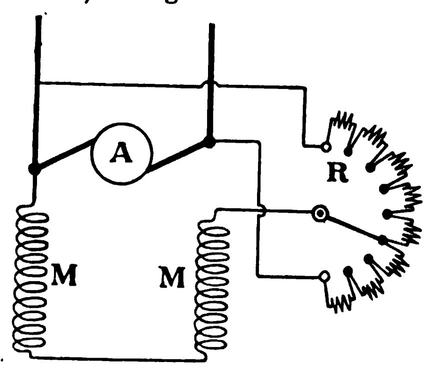


Fig. 462.

In neuerer Zeit wird der Nebenschlussregulator häufig in der aus Fig. 462 im Schema ersichtlichen Weise eingeschaltet. Man verbindet die beiden Enden des Widerstandes *R* mit den Polen des Ankers *A*. Die Magnetwickelung *MM* zweigt einerseits vom Anker, andrerseits von der Kurbel des Regulierwiderstandes ab. Hierbei wird der gesamte Widerstandsdraht von *R* dauernd von einem Strome durchflossen und zwischen seinen Enden ist stets die volle vom Anker gelieferte Spannung wirksam. Durch Ver-

stellen der Schleifkurbel wird ein kleiner oder grösserer Teil dieser Spannung abgezweigt und zur Magneterregung verwandt. Dreht man die Kurbel in ihre eine (in der Fig. 462 die untere) Endstellung, so werden die Magnete mit der vollen Spannung erregt, während in der anderen (oberen) Endstellung der Kurbel die Magnetwickelung kurz geschlossen ist, also gar keinen Strom erhält. Da es somit zum Stromlosmachen der Erregerwickelung nicht erforderlich ist, ihren Stromkreis zu unterbrechen, so besteht hier auch nicht die in 139 besprochene Gefahr des Durchschlagens der Isolierung durch die EMK des sogenannten Extrastromes.

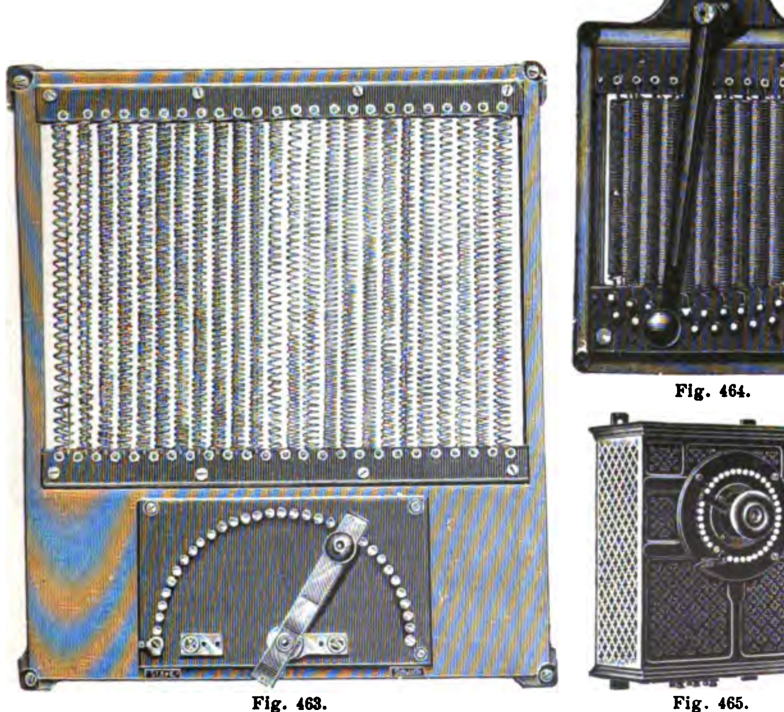


Fig. 464.

Fig. 463.

Fig. 465.

Fig. 463 zeigt einen Nebenschluss-Regulierwiderstand von Schuckert & Co. Auf dem gusseisernen Rahmen sind die Drahtspiralen zwischen zwei Schieferstreifen in zwei Reihen, einer vorderen und einer hinteren, ausgespannt. Die Kontaktknöpfe sitzen im Halbkreise auf einer Schieferplatte. Die Verbindungsdrähte derselben mit den Spiralen laufen auf der Rückseite des Rahmens. Bei dem Nebenschlussregulator von Voigt & Haeffner (Fig. 464) besitzt die Schleifkurbel eine beträchtliche Länge, damit die abwechselnd in zwei Reihen angeordneten Kontaktknöpfe einen möglichst flachen Bogen bilden, sodass der eiserne Rahmen verhältnismässig kurz wird. Eine der Formen, welche Siemens & Halske ihren Nebenschlussregulatoren geben, ist in Fig. 465 abgebildet.

Auf der Aussenseite des aus perforiertem Blech gebildeten Kastens, welcher das Widerstandsmaterial enthält, sind die Kontaktstücke im Kreise angeordnet. Durch Drehen des aus Isoliermaterial bestehenden runden Handgriffes wird der aus mehreren federnden Kupferblechen gebildete Schleifkontakt verstellt.

Von den bisher beschriebenen abweichend ist die Bauart der Widerstände der »Fabrik elektrischer Apparate, Dr. Max Levy« in Berlin. Das Widerstandsmaterial besitzt die Form flacher Bänder. Diese werden im Zickzack gebogen und hochkant auf gusseisernen Platten mittels Email befestigt. Die Emailzwischenlage, in der die Zickzackbänder nur mit einem Teil ihrer Fläche festsitzen, isoliert dieselben von der eisernen Grundplatte. Die letztere ist auf der entgegengesetzten Seite mit vorspringenden Rippen versehen. Da die in den Widerstandsbändern entwickelte Wärme sich auch der eisernen Grundplatte mitteilt, so wird hierdurch, sowie überhaupt durch die Bandform der Widerstände eine sehr vollkommene Abkühlung erreicht. Diese gestattet eine hohe Belastung des Materiales und somit kleine Abmessungen der Apparate.

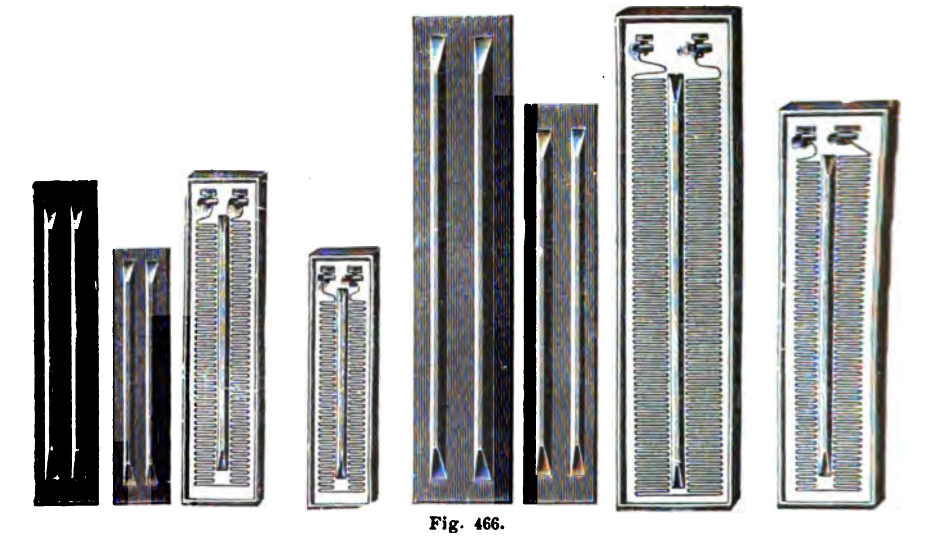


Fig. 466.

Nach Angabe der Fabrik beträgt die pro Watt der in den Widerständen zu vernichtenden elektrischen Energie erforderliche Fläche der eisernen Grundplatten 0,5 bis 2 *qcm*, die Raumersparnis gegenüber den sonst gebräuchlichen Widerständen 60 bis 80%. Die Widerstände werden in Form schmaler »Elemente« in mehreren Grössen hergestellt, die in Fig. 466 in Vorder- und Rückansicht abgebildet sind. Aus diesen werden Regulatoren nach Bedarf zusammengesetzt, indem man eine Anzahl solcher Elemente nebeneinander in einen eisernen Rahmen spannt und sie untereinander und mit den Kontaktstücken für die Schleifkurbel verbindet. Fig. 467 zeigt einen so hergestellten Nebenschlussregulator von vorne. Die Kontaktstücke sind in die eiserne Grundplatte mittels isolierender Tüllen aus Porzellan eingesetzt. Neuerdings werden die Kontaktstücke und die Kurbel auf einer Marmorplatte montiert, hinter welcher die Widerstände in einem perforierten Schutzkasten angebracht sind. Auch als Vorschaltwiderstände für Bogenlampen lassen sich die beschriebenen Widerstandselemente gut verwenden.

Zur Fernspannungs-Regulierung und für ähnliche Zwecke dienen sogenannte Hauptstromregulatoren, über welche in **120** näheres

mitgeteilt wurde. (Über ihre Berechnung vergl. Stadelmann, ETZ 1900, S. 285). Diese sind meistens für wesentlich höhere Strom-

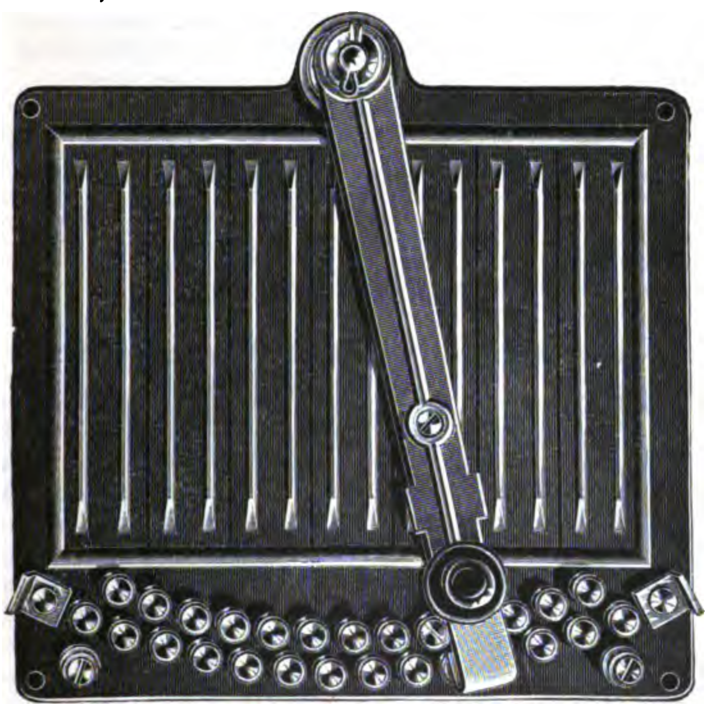


Fig. 467.



Fig. 468.

stärken bestimmt, als Nebenschlussregulatoren und sollen unter Umständen ganz beträchtliche Energiemengen verzehren können. Man

gibt deswegen ihrem Widerstandsmateriale häufig die Form von Blechstreifen, welche entweder glatt ausgespannt oder gewellt oder (bei geringer Breite) spiralig aufgewickelt werden. Die Kontaktstücke für die einzelnen Stufen und die Schleiffläche der Kurbel müssen der maximalen Stromstärke entsprechend dimensioniert sein.

Fig. 468 gibt die äussere Ansicht eines Hauptstromregulators von Voigt & Haeffner. Innerhalb eines gusseisernen, seitlich durch perforiertes Blech abgeschlossenen Rahmens sind die Widerstände zwischen ausschliesslich feuersicherem Materiale ausgespannt. Die marmorne Deckplatte trägt die im Kreise angeordneten Kontaktstücke (30 bis 40), über welchen die Schleifkurbel durch ein Handrad bewegt werden kann. Man befestigt den Apparat, welcher für Stromstärken bis 100 Ampère und eine Energieaufnahme bis 5000 Watt gebaut wird, am besten an der Wand, damit die Marmorplatte nicht durch die aufsteigende heisse Luft zu sehr erwärmt wird.

Messinstrumente und Messungen.

151. Allgemeines. Jede grössere Anlage für elektrische Beleuchtung bedarf einer Anzahl Apparate zur Messung elektrischer Grössen (Spannung, Stromstärke, eventuell auch Energie und Widerstand) sowie von Umdrehungszahlen. Doch auch der kleinste und einfachste Betrieb kann solche nicht ganz entbehren. So ist in jeder Anlage für Parallelschaltung mindestens ein Spannungsmesser, in einer Anlage für Serienschaltung der Lampen mindestens ein Strommesser erforderlich, in beiden ausserdem eine, wenn auch ganz einfache, Vorrichtung zur Ermittelung der Tourenzahl der Dynamo- und der Betriebsmaschine.

Die dem täglichen Betriebe dienenden Instrumente zur Spannungs- und Strommessung sollen den Betrag dieser Grössen mittels eines über einer Teilung spielenden Zeigers direkt anzeigen, sodass sie auch von einem Ungeübten bequem abgelesen werden können. Sie müssen dauernd eingeschaltet bleiben können, ohne dass dadurch die Richtigkeit ihrer Angaben verändert wird. Auch soll diese sich mit der Zeit nicht ändern.

Spannungsmesser.

152. Die sogen. Spannungsmesser (Voltmeter, Spannungszeiger) messen streng genommen nicht Spannungsdifferenzen, sondern Stromstärken. Sie sind in Wirklichkeit Strommesser von grosser Empfindlichkeit und hohem Widerstande. Da der Widerstand des Instrumentes aber stets derselbe bleibt, so sind diese Stromstärken nach dem Ohm'schen Gesetze der Spannungsdifferenz zwischen den Punkten proportional, mit welchen der Spannungsmesser verbunden wird. Statt nun auf der Teilung desselben die Stromstärken anzugeben, welche den verschiedenen Ausschlägen des Zeigers entsprechen,

sind durch Vergleichung mit einem anderen geeigneten Messinstrumente die zugehörigen Spannungsdifferenzen ermittelt worden. Das Instrument wird so bei der Herstellung »auf Spannung geaicht«, die Teilung also in Volt ausgeführt. Zur Bewegung des Zeigers können verschiedene Wirkungen des Stromes benutzt werden. Häufig lässt man z. B. eine vom Strome durchflossene Drahtspule eine kleine Eisenmasse bewegen, sodass die letztere entweder in die Spule hineingezogen oder gegen die Innenwand derselben hinbewegt, oder darin bloss gedreht, oder auch von einer in der Spule festliegenden Eisenmasse abgestossen oder angezogen wird. Als Gegenkraft, welche das Eisenstück in die Ruhelage zurückzuziehen bestrebt ist, dient meistens die Schwerkraft, seltener eine Feder. Die Ablenkung eines drehbaren Stahlmagnetes durch den Strom hat sich für derartige, dem dauernden Betriebe dienende Messinstrumente nicht gut bewährt. Die genannten, durch den Strom beeinflussten kleinen Eisenteile sind Blech- oder Drahtstückchen aus weichstem Schmiedeeisen und von so geringer Masse, dass sie schon ziemlich zur Sättigung magnetisiert sind, bevor noch der Strom in der Drahtspule die Stärke erreicht hat, welche dem Anfange des Messbereiches entspricht, innerhalb dessen das Instrument im Betriebe gebraucht werden soll. Dadurch lässt sich bis zu einem gewissen Grade vermeiden, dass bei Änderungen der Spannung (bezw. der Stromstärke im Messinstrument) die Angaben des Apparates durch die Wirkung der sogen. Hysteresis (magnetischen Trägheit) merklich beeinflusst werden. Dieselben würden sonst, wenn ein und derselbe Wert der Stromstärke in der Spule bei zunehmendem Strome erreicht würde, erheblich kleiner ausfallen als bei abnehmendem Strome. Ganz wegschaffen lässt sich der genannte Übelstand jedoch nicht.

Nach dem oben Gesagten kann ein Spannungsmesser nur dann stets richtig zeigen, wenn der Widerstand seiner Wickelung sich nicht ändert. Der Widerstand eines Metalles wird aber durch die Temperatur beeinflusst, und zwar wird er beim Erwärmen grösser, beim Abkühlen kleiner. Besteht der ganze in einem Spannungsmesser enthaltene Widerstand aus Kupferdraht, so steigt der Betrag desselben für jeden Grad Temperaturerhöhung um etwa 0,37 %, für 10° also um 3,7 %. In einem Maschinenraume kann aber ein Ansteigen der Lufttemperatur um 10° vom Beginne des Betriebes bis gegen Ende desselben ganz wohl vorkommen. Hierzu kommt, dass bei dauernder Einschaltung eines Spannungszeigers der Strom die Drahtwickelung erwärmt. Man führt deswegen die Wickelung dieser Instrumente ganz oder doch zum grössten Teile aus einem Metalle aus, das einen kleineren »Temperatur-Koëffizienten« besitzt als das Kupfer. Derartige Metalle sind die verschiedenen Neusilberkompositionen. Der Widerstand des mehrfach erwähnten Nickelins z. B. ändert sich bei 1° Temperaturänderung

um nur etwa 0,026%, also um 14 mal weniger als der des Kupfers. Es sind sogar Legierungen von noch beträchtlich kleinerem, nahezu verschwindendem Temperatur-Koëffizienten im Handel (Manganin, Konstantan). Drähte aus allen diesen Materialien lassen jedoch wegen ihres hohen spezifischen Widerstandes für gleiche Temperaturzunahme keine so grosse Strombelastung des Querschnittes zu wie Kupfer (vergl. **93**). Für die die Eisenteile beeinflussende Drahtspule ist jedoch ein bestimmter Betrag der magnetisierenden Kraft (ausgedrückt durch das Produkt Stromstärke mal Windungszahl) erforderlich. Bewickelt man die Spule aber mit Neusilberdraht, so muss aus dem genannten Grunde die Zahl der Windungen beträchtlich grösser sein, um die gleiche Zahl »Ampèrewindungen« herauszubringen, als wenn Kupferdraht von gleichem Querschnitt verwendet würde. Die magnetisierende bezw. ablenkende Wirkung der einzelnen Windung wird aber immer kleiner, je grösser ihr Durchmesser wird, sodass es für den Durchmesser der äussersten Windungen eine Grenze gibt, welche zu überschreiten nicht vorteilhaft ist. Man zieht es deswegen meistens vor, die auf die bewegliche Eisenmasse wirkende Drahtspule mit Kupferdraht zu bewickeln, dessen Querschnitt man mit einer verhältnismässig hohen Stromstärke belasten kann, sodass man mit einer mässigen Anzahl Windungen die erforderliche magnetische Wirkung erreicht. Dabei richtet man es so ein, dass der Widerstand dieser Kupferdrahtspule nur einen (möglichst kleinen) Teil des zur Erzielung der gewünschten Stromstärke erforderlichen Gesamtwiderstandes ausmacht. Den grösseren Teil des letzteren fügt man in Form einer besonderen Spule aus Neusilberdraht (bezw. einer anderen geeigneten Legierung) von solchem Querschnitte hinzu, dass er durch den Strom möglichst wenig erwärmt wird. Diese zweite Spule wird so gewickelt, dass sie eine ablenkende Wirkung auf den beweglichen Eisenteil nicht ausüben kann. Häufig gibt man ihr eine grössere Ausdehnung und wickelt sie nur lose, gestattet auch durch Löcher im Gehäuse der Luft Zutritt, um möglichste Abkühlung des Drahtes zu erreichen.

Bei einer anderen Art von Spannungsmessern ist der bewegliche Teil ein mit Draht bewickelter leichter Rahmen, der sich in dem Felde eines kräftigen Hufeisen-Stahlmagnetes befindet und, wenn er von einem Strome durchflossen wird, sich dreht, während eine Feder als Gegenkraft wirkt. Bei diesen Apparaten wird nur der bewegliche Rahmen mit Kupferdraht bewickelt, während der Hauptteil des Widerstandes auch hier in Gestalt von Neusilberdraht beigefügt ist.

Bei der geringen Masse, die das Eisenstück (bezw. der drehbare Drahtrahmen) und die übrigen beweglichen Teile (Zeiger, Achse, eventuell Gegengewicht) eines Spannungsmessers gewöhnlich besitzen

und den nicht eben grossen Kräften, welche darauf wirken, ist es wichtig, dass die Drehungsachse sich mit möglichst wenig Reibung in ihren Lagern bewege, da sonst Fehler in der Einstellung des Zeigers unvermeidlich sind. Die sorgfältig gearbeiteten Achsen der gebräuchlichen Instrumente bestehen aus gehärtetem Stahl und spielen in Lagern aus Stahl, Messing, Achat oder Saphir. Es ist ferner wünschenswert, dass der bewegliche Teil nach jeder Änderung der Stromstärke, bezw. Spannung, in der neuen Stellung rasch zur Ruhe komme, d. h., dass eine gute Dämpfung der Schwingungen vorhanden sei. Leider lassen die Instrumente mit beweglichem Eisenteil in dieser Beziehung viel zu wünschen übrig, da eine vollkommene Dämpfung sich mit der oben beschriebenen Art der Ausführung des beweglichen Teiles schwer vereinigen lässt. Die Folge ist, dass die Zeiger dieser Instrumente, wenn der Strom sich ändert, um die neue Einstellung längere Zeit (bis eine halbe Minute) hin- und herpendeln, auch dann, wenn die Spannung auf ihrem neuen Betrage ganz konstant bleibt. Ist eine Dynamomaschine die Stromquelle, so kommt, wegen der dem Maschinenstrome eigentümlichen kleinen Schwankungen, der Zeiger fast niemals ganz zur Ruhe. Eine ungefähre Ablesung, welche für den Betrieb genügt, ist indessen möglich. (Neuerdings haben übrigens einige Fabriken ihre Instrumente mit einer wirksamen Luftdämpfung versehen.) Dagegen besitzen die Instrumente mit beweglicher Drahtspule eine vorzügliche Dämpfung.

Die Teilung (Skale) eines Spannungsmessers mit bewegter Eisenmasse beginnt gewöhnlich nicht von 0 ab, sondern von einem höheren Betrage (z. B. 40 Volt, 70 Volt) und erstreckt sich von da über ein begrenztes Gebiet, den eigentlichen Messbereich des Instrumentes. Dieser geht für Spannungszeiger, welche für eine mittlere Spannung von ungefähr 110 Volt bestimmt sind, von etwa 70 bis 120 Volt; bei 220 Volt Normalspannung geht er etwa von 140 bis 240 Volt u. s. w. Nur innerhalb dieses Messbereiches ist die Entfernung der einzelnen Teilstriche voneinander nahezu gleich; bei kleineren und grösseren Werten ist der Ausschlag meist nicht entfernt mehr der Stromstärke proportional. Häufig genug herrscht von der Normalspannung (100 Volt oder 110 Volt oder 220 Volt u. s. w.) aus nur für die nächsten 10 bis 20 Volt nach oben und nach unten leidliche Proportionalität. Wie vollkommen die letztere erreicht wird, hängt von der Gestalt der beweglichen Eisenmasse und der Lage derselben zur Drahtspule ab.

Im Gegensatz dazu lässt sich bei den Apparaten, bei welchen ein Drahtrahmen im Felde eines permanenten Magnetes sich bewegt, fast völlige Proportionalität des Ausschlages von 0 bis zum Höchstwerte erzielen.

153. Nach dem im vorstehenden Ausgeführten sind wir nun imstande, ungefähr die Bedingungen festzustellen, welchen ein gut konstruierter Spannungsmesser zu genügen hat.

1. Die Angaben des Instrumentes dürfen innerhalb des normalen Messbereiches von den richtigen Werten um nicht mehr als etwa 1 % abweichen.

2. Bei länger dauernder Einschaltung dürfen die Angaben sich nicht infolge Erwärmung der Drahtwickelung merklich verändern, ebensowenig bei Schwankungen der Lufttemperatur, sowie auch nicht mit der Zeit.

3. Der Zeiger soll bei einer bestimmten Stromstärke sich stets auf denselben Teilstrich einstellen, einerlei ob diese Stromstärke bei zunehmendem oder bei abnehmendem Strome erreicht wird.

4. Die Reibung der Drehungsachse in ihren Lagern sei so gering, dass dadurch die Angaben nicht beeinflusst werden. Eine genügende Dämpfung der Schwingungen sei vorhanden.

5. Der Spannungszeiger soll möglichst empfindlich sein, d. h. möglichst wenig Ampère-Windungen für die den beweglichen Teil beeinflussende (bezw. bildende) Drahtspule erfordern.

6. Durch äussere Einwirkungen von Magneten oder Strömen soll das Instrument in seinen augenblicklichen Angaben sowohl wie dauernd möglichst wenig beeinflusst werden.

7. Die Teilung sei nicht zu klein, d. h. die Teilstriche, wenigstens in dem normalen Messbereich, nicht zu eng beieinander, damit man auch aus einiger Entfernung abzulesen imstande ist.

8. Durch das Gehäuse sollen die beweglichen Teile gegen Luftzug und Staub geschützt sein. Dagegen ist es im Interesse der Abkühlung nur vorteilhaft, wenn die Luft zu der Drahtwickelung Zutritt hat.

Die Spannungsmesser dienen in Beleuchtungsanlagen zum Anzeigen der Spannung an den Klemmen von Dynamomaschinen, an den Polen von Akkumulatorenbatterien, sowie eventuell zum Kontrollieren der Spannung an einem oder mehreren entfernten Punkten des Leitungsnetzes. Stets befinden sich derartige Instrumente am Orte der Stromerzeugung, im Maschinenraum. Ein Spannungsmesser wird so eingeschaltet, dass man seine Klemmen mit den beiden Punkten, zwischen welchen die Spannungsdifferenz ermittelt werden soll, durch Leitungsdrähte, deren Widerstand gegen denjenigen des Apparates vernachlässigt werden kann, verbindet. Das Instrument wird also wie eine Glühlampe in einer Parallelschaltungsanlage eingeschaltet. Häufig dient ein und derselbe Spannungsmesser dazu, mehrere Spannungen abwechselnd zu kontrollieren. In diesem Falle ist dann ein kleiner Umschalter (Voltmeterumschalter, vergl. **141**) vorhanden,

zu welchem von den verschiedenen bezügl. Punkten Drahtleitungen geführt sind.

Der Widerstand der Drahtwickelung beträgt bei besseren Instrumenten nicht unter 15 Ohm pro Volt, also bei Spannungsmessern für 110 Volt Normalspannung mindestens etwa 1600 Ohm. Die Instrumente mit beweglicher Spule haben beträchtlich höhere Widerstände.

Dient ein Spannungsmesser dazu, die von einer Stromquelle gelieferte Spannung, welche konstant gehalten werden soll, zu kontrollieren, so ist der Teilstrich, der den betreffenden Betrag anzeigt, besonders markiert, z. B. durch einen roten Strich. Die Isolierung der in die Stromleitung eingeschalteten Teile des Apparates muss ebenso gut sein, wie es bei Schmelzsicherungen, Umschaltern u. s. w. verlangt wird. Für den Transport lässt sich bei den meisten Instrumenten das bewegliche System von aussen arretieren.

154. Konstruktion einiger Spannungsmesser. Von den zur Zeit in Deutschland gebräuchlichen Spannungsmessern sollen einige kurz beschrieben werden.

a) Mit beweglicher Eisenmasse.[1])

Bei dem Spannungsmesser von Hummel (Fig. 469), der von der »Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft, vorm. Schuckert & Co.,« gebaut wird, ist der bewegliche Eisenteil ein bogenförmiges Stückchen Blech. Dieses ist im Inneren der Drahtspule exzentrisch gelagert und mit dem Zeiger fest verbunden. Der die Spule durchfliessende Strom hat das Bestreben, das magnetisch gewordene Eisenstück wegen der exzentrischen Lage des letzteren noch näher an die Innenwand der Spule heranzuziehen. Dadurch dreht sich das Blechstück und mit ihm der Zeiger. Beide zusammen wiegen nebst der Achse nur etwa $^1/_2$ *g*. Durch das Übergewicht des Eisenstückchens und einer Verlängerung



Fig. 469.

[1] Ausführlichere Beschreibungen eines Teiles der hier nur kurz charakterisierten technischen Messinstrumente, nebst Schnittfiguren und schematischen Zeichnungen, finden sich u. a. in Kittlers »Handbuch der Elektrotechnik«, Band I, 2. Aufl., S. 203 ff.

des Zeigers wird der letztere, sobald die Spule stromlos wird, in die Nulllage nach links zurückgeführt.

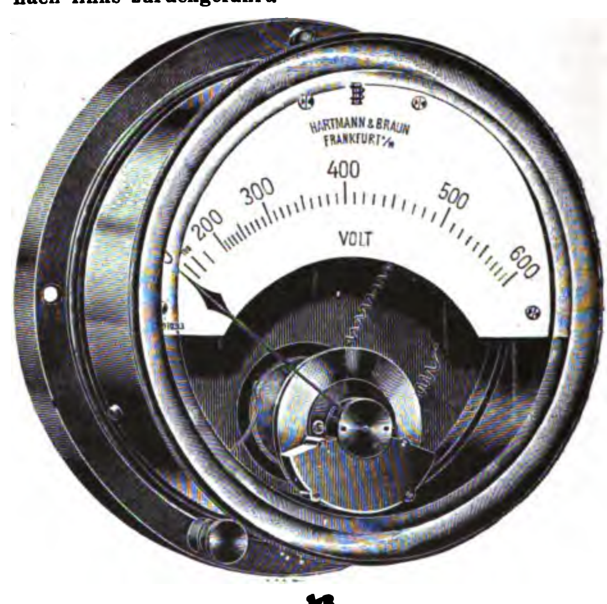


Fig. 470.

Der Spannungsmesser von Hartmann & Braun enthält als drehbare Eisenmasse ebenfalls ein Blechstück, das ein Segment eines Zylindermantels bildet. Die Drehungsachse desselben liegt jedoch in der Achse der Drahtspule. Es befindet sich nahe der Innenwand der Spule, die an dieser Stelle mit zwei Stückchen Eisenblech belegt ist. In den Zwischenraum zwischen den letzteren wird das bewegliche Bogenstück beim Durchgange des Stromes durch die Spule hineingezogen und damit der Zeiger gedreht. Als Gegenkraft dient auch bei diesem Instrument die Schwere. Fig. 470 gibt die äussere Ansicht. Die Hartmann & Braunschen Spannungsmesser werden durch geeignete Gestaltung und Lagerung der Eisenteile entweder so eingerichtet, dass die Skala innerhalb des Spannungsbereiches, in welchem das Instrument vorwiegend oder ausschliesslich gebraucht werden soll, möglichst grosse Intervalle für die einzelnen Teilstriche erhält, oder auch so, dass die Intervalle zwar kleiner, aber über das ganze Gebiet der Skale von 0 bis zum Maximalwerte möglichst gleich gross sind. Der Apparat wird neuerdings mit Luftdämpfung versehen.

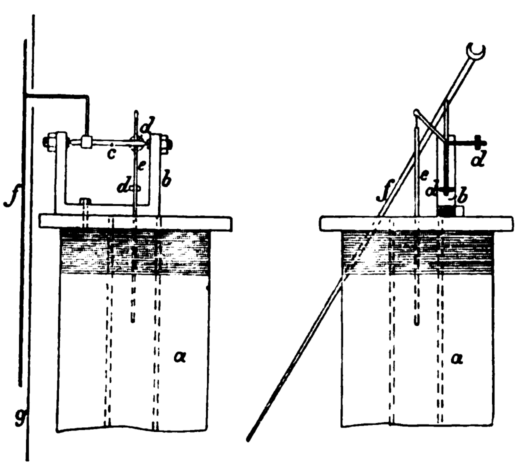


Fig. 471.

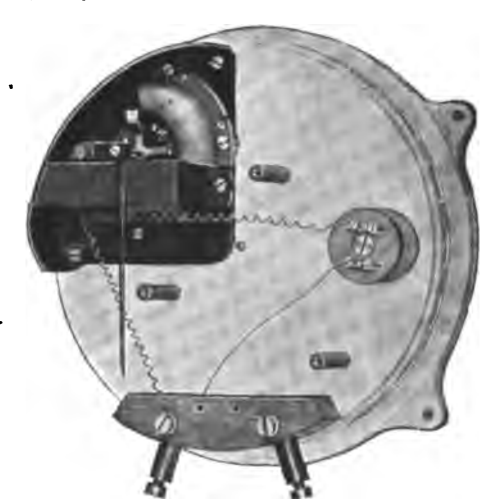
Der Spannungsmesser der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft (Konstruktion von Dolivo-Dobrôwolsky) besitzt als beweglichen Eisenteil ein senkrecht aufgehängtes Bündel aus einigen dünnen Eisendrähtchen. Die Drahtspule *a* (Fig. 471) trägt einen kleinen Messingbock *b*, in welchem eine Achse *c* zwischen Schrauben gelagert ist. Auf der

Achse sitzen zwei Hebelarme zur Aufnahme der Reguliergewichte *dd* (siehe den rechten Teil der Abbildung, der die wesentlichen Teile des Apparates in einer gegen die linke Figur um 90° gedrehten Ansicht wiedergibt). Ferner trägt die Achse an einem dritten Hebelarme den Eisenkern *e*, dessen Gewicht nur etwa 0,04 *g* beträgt, und endlich den Zeiger *f*, welcher vor der Skala *g* spielt. Durch grössere oder geringere Länge des Eisenkernes, sowie durch mehr oder minder tiefe Anfangslage desselben gegen die Spule lässt sich die Form der Skala so verändern, dass sie entweder an einer bestimmten Gebrauchsstelle möglichst grosse Intervalle der Teilstriche, oder über das ganze Gebiet möglichste Proportionalität mit der Stromstärke erhält. Der weitaus grösste Teil des Widerstandes der Wickelung besteht aus dem in **158** angegebenen Grunde aus Konstantandraht, der behufs besserer Abkühlung die Form eines dünnen, flachen Bundes erhält, der Rest aus Kupfer. Fig. 472 zeigt das Instrument in äusserer Ansicht. Für Ablesung aus grösserer Entfernung wird es auch in entsprechend grösserer Form ausgeführt. Mittels der auf der rechten Seite des Gehäuses sichtbaren Kopfschraube kann der bewegliche Teil arretiert werden.



Fig. 472.


Fig. 473.


Fig. 474.

Bei dem Spannungszeiger von Siemens & Halske wird ein annähernd ovales Eisenscheibchen, dessen exzentrische Drehachse senkrecht zur Ebene des Scheibchens steht, in den engen, schlitzartigen Hohlraum der in ihrer Längsrichtung flachen Drahtspule hineingezogen. Fig. 473 zeigt das ganze bewegliche System, von welchem nur einige zur Justierung dienende Schraubengewichte abgenommen sind. Das Instrument besitzt Luftdämpfung dadurch, dass eine zu dem beweglichen System gehörige, in Fig. 473 sichtbare, runde Platte sich beim

Ausschlage des Zeigers in dem Hohlraume eines bogenförmigen, einseitig verschlossenen Rohres bewegt, von dem sie rings herum nur $^1/_2$ *mm* absteht. Fig. 474 zeigt den geöffneten Apparat. Die Spule ist, wie die Abbildung zeigt, nach verschiedenen Seiten von einem »magnetischen Schirme« aus weichem Eisenblech umgeben, der einen Schutz gegen Beeinflussung der Angaben des Instrumentes durch in der Nähe fliessende starke Ströme bildet. Der Vorschalt-

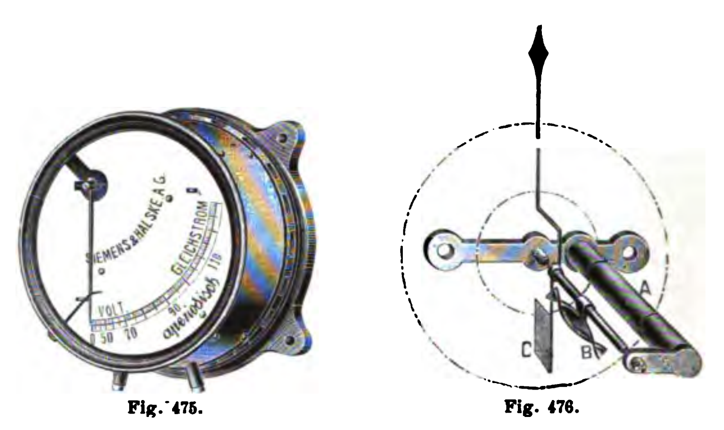


Fig. 475. Fig. 476.

widerstand ist zum kleineren Teile auf die in Fig. 474 sichtbare Rolle aufgewickelt, zum grösseren Teile besteht er aus dünnem, blankem Konstantanband, das man auf eine Glimmerscheibe gewickelt und darauf mit Schellack befestigt hat. Dieser Teil liegt in einem Hohlraume hinter der die elektromagnetischen Teile

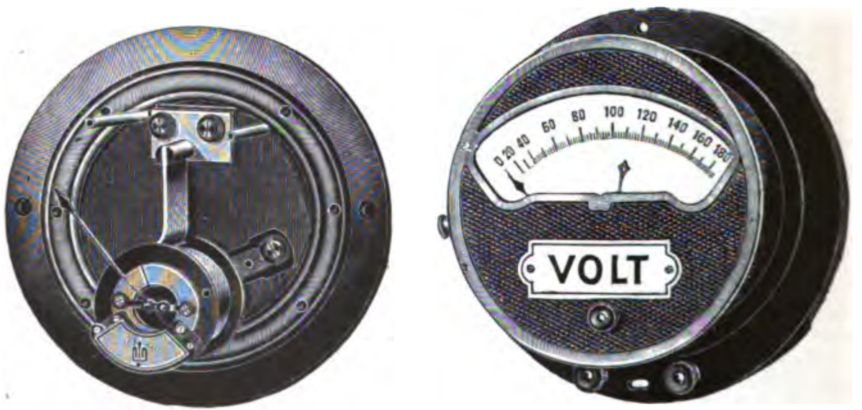


Fig. 477. Fig. 478.

tragenden Platte, zu welchem die Luft behufs Kühlung durch Schlitze Zutritt hat. Fig. 475 gibt die äussere Ansicht des Apparates. Durch Abänderung der Gestalt des von der Spule beeinflussten Eisenscheibchens kann die Lage und Ausdehnung des günstigsten Messbereiches verändert werden.

Dr. Paul Meyer, A.-G. in Berlin, baut ausser Spannungszeigern nach Hummelschem Prinzip neuerdings solche mit der Fig. 476 abgebildeten Einrichtung der wesentlichen Teile. In dem Hohlraum der Drahtspule befindet

sich ein fester Eisenkern *A* von 18 *mm* Länge bei knapp 7 *mm* Durchmesser und das bewegliche System, dessen Lagerpfannen in messingene Ansätze des Eisenkernes eingeschraubt sind. An der Achse des beweglichen Teiles ist die Eisenmasse *B* exzentrisch befestigt. Diese besteht aus drei je 18 *mm* langen und 3 *mm* breiten Streifchen aus 0,2 *mm* starkem weichem Eisenblech, die durch Messinghäkchen zusammengehalten, aber durch einen Firnisüberzug an metallischer Berührung gehindert sind. Das kleine Blechbündel ist dann schraubenartig verdreht, wie aus der Abbildung zu ersehen. Es liegt mit seiner Längsachse ebenso wie der feste Eisenkern parallel zur Achse der Drahtspule, in deren Hohlraum sich beide befinden. Beide werden daher bei Stromdurchgang durch die Spule in gleichem Sinne magnetisiert und wenn in der Ruhelage die bewegliche Eisenmasse *B* sich dicht neben dem Kerne *A* befindet, so wird sie bei eintretender Magnetisierung von diesem abgestossen. Gestalt und Lage des beweglichen Eisenteiles, sowie eines auf der Achse befestigten, in der Fig. 476 weggelassenen, regulierbaren Gegengewichtes sind so gewählt, dass der mit der Achse verbundene Aluminiumzeiger in dem weitaus grössten Teile des Messbereiches (etwa $^7/_8$) nahezu proportionale Ausschläge gibt. Eine Verlängerung des Zeigers nach der anderen Seite der Drehachse trägt den Dämpfungsflügel *C*. Dieser wird in ein fast ganz geschlossenes, bogenförmig gestaltetes Blechkästchen eingeschlossen, das auf der einen Endfläche der Drahtspule befestigt ist (Fig. 477). Der schwingende Zeiger erhält dadurch eine wirksame Luftdämpfung. Ein kräftiges eisernes Gehäuse schützt den Apparat gegen magnetische Beeinflussung von aussen. Fig. 478 gibt die äussere Ansicht des Instrumentes und lässt die recht gleichmässige Form der Skala erkennen. Es wird als Spannungs- und als Stromzeiger in zahlreichen Abstufungen ausgeführt.

b) Spannungsmesser mit beweglichem Drahtrahmen.

Die Drehung einer vom Strome durchflossenen, beweglichen Drahtspule im Felde eines hufeisenförmigen Stahlmagnetes ist, nach dem Vorgange von Deprez und D'Arsonval, 1890 von Weston in Newark (Nord-Amerika) zur Konstruktion von Spannungsmessern benutzt worden, welche vor denen mit bewegtem Eisenteile wesentliche Vorzüge besitzen, die unter **152** bereits erwähnt wurden.

Der Hufeisenmagnet ist mit bogenförmig ausgerundeten Polschuhen aus weichem Eisen versehen, welche einen zylindrischen Hohlraum von etwa 27 *mm* Durchmesser zwischen sich schliessen. In diesen ist ein zylindrischer Eisenkern von etwa 21 *mm* Durchmesser zentrisch eingesetzt. Infolgedessen bleibt zwischen beiden Polschuhen und dem Eisenkerne nur ein schmaler Luftraum (etwa 3 *mm* breit). Der »magnetische Widerstand« (vergl. **18**) des ganzen Systemes ist dadurch verhältnismässig gering und die genannten Luftzwischenräume bilden ein magnetisches Feld von beträchtlicher Intensität. Wegen des im Vergleiche zur Länge des von jedem Polschuhe umschlossenen Kreisbogens nur geringen Abstandes der Polflächen von dem Eisenkerne ist ferner die Dichte der Kraftlinien in dem ganzen bogenförmigen Luftzwischenraume fast gleichmässig, oder, wie man sagt, der genannte Zwischenraum stellt ein fast vollkommen »homogenes magnetisches Feld« dar.

Um den erwähnten zylindrischen Eisenkern herum ist ein rechteckiger, mit isoliertem dünnen Kupferdrahte bewickelter Rahmen angeordnet. Der Rahmen besteht aus dünnem Aluminiumblech; die Breite des Rahmens ist etwa 7 *mm*. Die beiden Langseiten des Rahmens liegen in den mehrfach genannten bogenförmigen Luftzwischenräumen zunächst den Polschuhen, sodass die Kupferdrähte von den Kraftlinien senkrecht geschnitten werden, genau wie die Drähte auf dem Anker einer Dynamomaschine. Der Rahmen ist mittels Stahlspitzen zwischen Steinen so gelagert, dass er um den Eisenzylinder frei gedreht werden kann. Der Drahtwickelung des Rahmens wird der Strom zugeleitet durch zwei Federn, die flach, nach Art der Uhrfedern, gewickelt sind. Diese Federn sind an den beiden Enden der Rahmenachse befestigt und halten den Rahmen im

stromlosen Zustande in einer bestimmten Ruhelage fest, bei welcher der mit dem beweglichen System verbundene leichte Zeiger auf den Nullpunkt der Skale weist. Fig. 479 zeigt die beiden Magnetpole nebst dem Eisenkerne, dem Rahmen mit den Federn und einem Stücke des Zeigers. Ein Stück des einen Magnetschenkels und Polschuhes ist abgebrochen dargestellt.

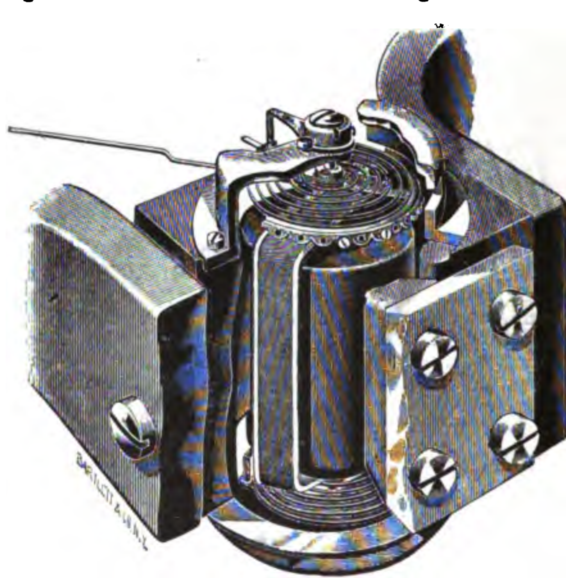


Fig. 479.

In der Ruhelage liegt der Drahtrahmen nahe dem einen Ende jedes der beiden von den Polschuhen umschlossenen Bogenstücke. Erhält er Strom, so bewirkt dieser eine Drehung der Spule (in derselben Weise wie bei einem Elektromotor), während die dadurch gespannten Federn eine Gegenkraft ausüben. Der Rahmen dreht sich soweit, bis die ablenkende Kraft (das Drehungsmoment) des Stromes in den Windungen und die Gegenkraft (Drehungsmoment) der gespannten Federn sich das Gleichgewicht halten. Das Drehungsmoment des Stromes ist proportional der Stromstärke, der Windungszahl und der Kraftliniendichte des Magnetfeldes. Da aber das Magnetfeld innerhalb des Messbereiches fast homogen ist, d. h. nahezu gleichmässige Kraftliniendichte besitzt, die Spulendrähte von den Kraftlinien überall unter dem nämlichen Winkel geschnitten werden und die Windungszahl stets dieselbe bleibt,

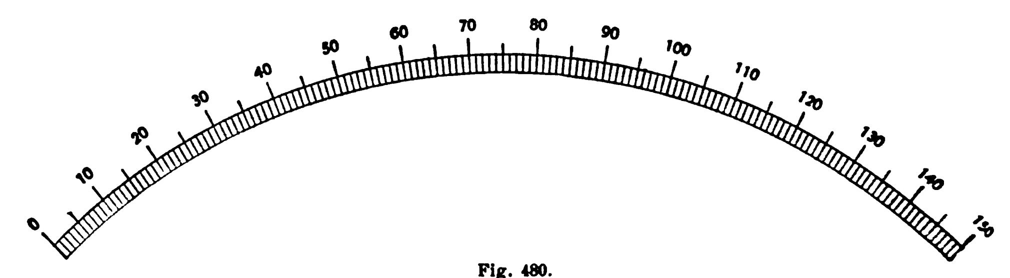


Fig. 480.

so ist das vom Strome ausgeübte Drehungsmoment für eine und dieselbe Stromstärke allenthalben fast konstant. Es ändert sich also fast nicht, wenn die Spule von ihrer Ruhelage nahe dem einen Bogenende der Polschuhe sich durch alle Zwischenstellen bis nahe an das andere Ende der von den Polschuhen umschlossenen Bögen bewegt, wobei sie ein Bogenstück von etwa 90° zurücklegt. Andrerseits ist die Kraft (Drehungsmoment), mit der eine verdrehte (tordierte) Feder sich wieder aufzudrehen strebt, proportional dem Winkel, um den man sie verdreht hat (Torsionswinkel). Da nun

das Drehungsmoment des Stromes in den Drahtwindungen proportional der Stromstärke, dagegen fast unabhängig vom Drehungswinkel, das entgegengesetzt gerichtete Drehungsmoment der Federn aber proportional dem Drehungswinkel ist, so muss der Winkel, um welchen der Drahtrahmen jeweilig gedreht wird, der Stromstärke fast genau proportional sein. Infolgedessen sind die Ausschläge des Instrumentes in allen Teilen des Messbereiches dem Strome, der die Drahtwindungen durchläuft, nahezu proportional, wie aus der Abbildung der Skale, Fig. 480, zu ersehen.

Die Kraftlinien des Magnetfeldes schneiden nicht nur die Drahtwindungen, sondern auch den Rahmen, auf den sie gewickelt sind, und der, wie erwähnt aus Aluminium besteht. Dieser bildet eine einzige, in sich geschlossene Windung von nicht unerheblichem Querschnitte. Solange sich dieser Rahmen nun in dem magnetischen Felde bewegt, werden in dem Metalle des Rahmens selbst Ströme induziert (sogenannte Foucaultströme, vergl. **20**) und dadurch Arbeit verbraucht. Das Auftreten dieser Ströme wirkt infolgedessen hemmend auf die Bewegung des Rahmens, die dadurch gedämpft wird. Bei der erheblichen Stärke des Magnetfeldes und der geringen Masse des Rahmens ist die Dämpfung so energisch, dass beim Schliessen des Stromes der Zeiger einmal hinaus- und darauf nur ein wenig zurückschwingt und alsdann stehen bleibt. Ein derartiges Instrument stellt sich somit fast aperiodisch, d. h. fast ohne pendelnde Schwingungen des beweglichen Teiles ein.



Fig. 481.

Der Widerstand der Kupferdrahtwindungen des Rahmens beträgt nur wenige Ohm. Um das Instrument als Spannungsmesser benutzen zu können, wird ein genügend hoher Vorschaltwiderstand aus Neusilber- oder ähnlichem Drahte, der »induktionsfrei« gewickelt ist, beigefügt. Die Empfindlichkeit ist erheblich grösser als bei den Instrumenten mit beweglicher Eisenmasse. Infolgedessen beträgt der Widerstand mindestens 50 (bei den transportablen, sogen. Normal-Voltmetern über 100) Ohm pro Volt und der Stromverbrauch ist dementsprechend gering. Das Prinzip des Westonschen Spannungsmessers bedingt, dass der Strom in einer bestimmten Richtung durchgeleitet werde.

Fig. 481 gibt die äussere Ansicht des Westonschen »Normal-Voltmeters« im Transportkasten. Unterhalb der Skala ist ein Streifen Spiegelglas angebracht. Beim Ablesen hält man das Auge so, dass der Zeiger und dessen Spiegelbild sich decken. Dadurch steht das Auge stets senkrecht über dem betreffenden Teilstriche und die Ablesung wird möglichst genau.

Nach den bisherigen Erfahrungen bleiben der Stahlmagnet und die Federn auf Jahre hinaus so gut wie unverändert, sodass die Richtigkeit der Angaben des Instrumentes auf lange Zeit erhalten bleibt.

Das Fig. 481 abgebildete sogenannte Normal-Voltmeter eignet sich vermöge seiner sorgfältigen Ausführung, genauen Justierung und sonstigen guten Eigenschaften besonders als Kontroll-Instrument. Es ermöglicht mit Leichtigkeit eine bis auf $^1/_5$% genaue Spannungsmessung, sodass es zur Prüfung der gewöhnlichen Spannungszeiger dienen kann. Diese gröberen Instrumente sind indessen wesentlich (4 bis 5 mal) billiger, bequemer abzulesen und genügen für den gewöhnlichen Betrieb in Beleuchtungsanlagen, sodass das Westonsche Normalinstrument mehr bei Abnahmen, Untersuchungen u. s. w. Verwendung findet. Es

wird für verschiedene maximale Spannungsbeträge (bis 120, 150, 250, 300 600 Volt u. s. f.), unter Umständen auch für zwei oder drei Empfindlichkeiten, und ausserdem noch für zahlreiche niedere, in Beleuchtungsanlagen nicht gebräuchliche Spannungsbeträge ausgeführt.

Die Westonschen Spannungsmesser werden ferner in Dosenform, als sogenannte Stations-Instrumente gebaut. Diese können im regelmässigen Betriebe von Beleuchtungsanlagen Verwendung finden. Sie besitzen ebenfalls die oben beschriebene Einrichtung des elektromagnetischen Systemes,



Fig. 482.



Fig. 483.

sind jedoch in den nicht wesentlichen Teilen weniger subtil und aus einfacherem Materiale gearbeitet und mit einer gröberen, von weitem ablesbaren Skala und stärkerem Zeiger versehen (Fig. 482). Dementsprechend ist der Preis erheblich niedriger als der der »Normal-Voltmeter«. Der auf der Deckplatte sichtbare, geränderte Knopf trägt einen Arm mit kreisförmiger schwarzer Marke. Diese wird von Hand verstellt und dient zum Fixieren einer bestimmten Normal-

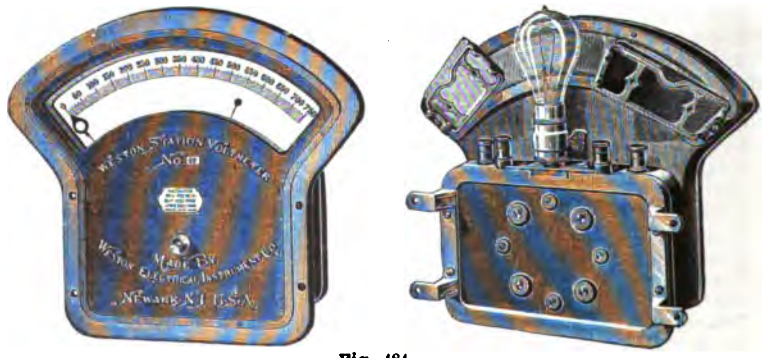


Fig. 484.

spannung. Das Gehäuse besteht aus Eisen. Der Anschluss der Zuleitung geschieht von hinten vermittels Bolzen, welche die Schalttafel durchsetzen.

Um für grössere Anlagen Spannungszeiger zu erhalten, deren Skala von weitem ablesbar ist, werden von der Weston-Co. Instrumente gebaut, bei denen man den Anfang der Skala unterdrückt hat. Zu diesem Zwecke sind die

Spiralfedern, welche den beweglichen Rahmen halten, bei stromlosem Apparate schon gespannt, sodass der Zeiger durch einen Anschlag festgehalten werden muss und die stromdurchflossene Drahtspule sich erst dann zu bewegen beginnt,



Fig. 485. Fig. 486.

wenn die Stromstärke (bezw. Spannung) eine gewisse Höhe erreicht hat. Wie leicht einzusehen, kann man auf diese Weise eine Skala mit grösseren Teilstrichen pro Volt erzielen. Fig. 483 zeigt ein derartiges Instrument. Die Skale

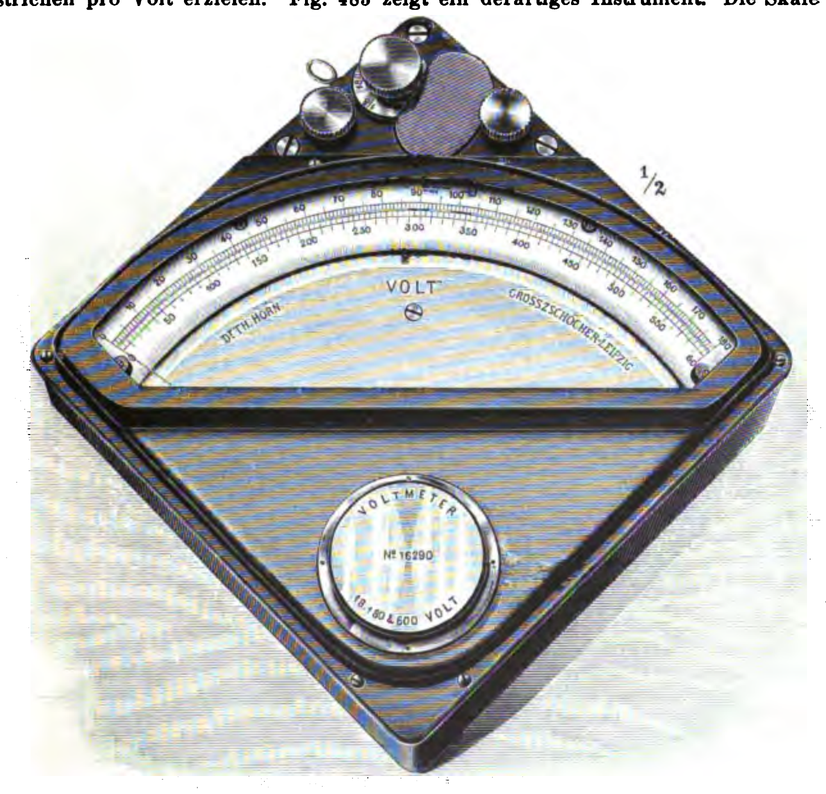


Fig. 487.

desselben ist senkrecht gestellt und der ganze Apparat kann um eine horizontale Achse so gedreht werden, dass die Ablesung bei hoher Aufhängung des Spannungszeigers auch von unten bequem möglich ist. Diese sogenannten Profilinstrumente besitzen nur geringe Breite. In Fig. 484 ist ein grosses Schaltbrettvoltmeter anderer Form abgebildet, dessen transparente Skale durch eine Glühlampe von hinten beleuchtet wird.

Der Erfolg, welchen die Weston-Instrumente in wenig Jahren erzielten, hat zahlreiche deutsche Firmen veranlasst, Messinstrumente nach dem nämlichen Prinzip zu bauen.

Besonders zu erwähnen sind derartige Apparate von Siemens & Halske. Diese werden ebenfalls sowohl als Präzisions-, wie als Schalttafel-Instrumente hergestellt.

Ein transportables Präzisions-Voltmeter zeigt Fig. 485. Es werden davon zahlreiche Abstufungen für die verschiedensten Empfindlichkeiten, auch solche mit mehreren Messbereichen, gebaut. Fig. 486 gibt die äussere Ansicht eines Schaltbrett-Voltmeters. Letztere Apparate sind einfacher gearbeitet als die transportablen und in eine kräftige Gusseisenkapsel eingeschlossen. Sie werden auch zur Erzielung grosser Skalenintervalle in der gleichen Weise wie die erwähnten Instrumente von Weston mit abgekürzter sowie mit beleuchteter Skale ausgeführt.



Fig. 488.

Fig. 487 zeigt einen nach dem Weston-Prinzip gebauten, tragbaren Spannungsmesser für genaue Messungen von Dr. Th. Horn (Leipzig). Dieser besitzt bei gegebenen äusseren Abmessungen eine grössere Skale als andere derartige Instrumente, weil dieselbe in die Richtung der Diagonale der quadratischen Grundplatte gelegt ist. Der Apparat besitzt drei Messbereiche (für 18, 180 und 600 Volt). Durch Drehen eines geränderten Knopfes schaltet man den für das gewünschte Messbereich erforderlichen Vorschaltwiderstand ein. Eine hier nicht näher zu erörternde Vorrichtung verhütet mit einiger Sicherheit, dass man versehentlich auf ein zu niederes Messbereich einstellt. Ein Schalttafel-Voltmeter derselben Firma ist Fig. 488 abgebildet.

Nach dem nämlichen Prinzip bauen solche sogenannte Präzisions-Instrumente u. a. auch Hartmann & Braun, die »Allgem. Elektr.-Gesellschaft«, Schuckert & Co., Dr. P. Meyer u. a. Fig. 489 zeigt einen Spannungsmesser von Hartmann & Braun für grössere Anlagen zur Ablesung von weitem, mit unterdrücktem Nullpunkte. Der Durchmesser des Gehäuses beträgt 35 *cm*, der Abstand der Teilstriche etwa 1 *cm*.

In jeder grösseren Anlage sollte einer der im vorstehenden genannten, nach dem Prinzip von Deprez und D'Arsonval gebauten Spannungsmesser wenigstens als Kontroll-Instrument vorhanden sein.

»Kugelpol-Instrumente« von Dr. Rud. Franke, Gesellsch. m. beschr. Haftg. in Hannover. Diese Apparate zeigen eine Vereinfachung im Baue der Instrumente mit beweglicher Drahtspule insofern, als die Spule kreisförmige Gestalt erhalten hat. Die Polschuhe des Magnetes besitzen dementsprechend halbkugelige Höhlungen und das zwischen ihnen im Inneren der Spule sitzende Eisenstück hat die Gestalt einer Kugel. Dadurch ist es möglich geworden, dass ein einziges Gussstück aus Bronze sämtliche wesentlichen Teile des Instru-

mentes trägt, die somit unverrückbar zueinander eingestellt werden können. Fig. 490 zeigt dieses Trägerstück nebst Magnetspule, Kugel, Zeiger und Skale. Das eineEnde des Magnetes ist abgebrochen und nebst dem Polschuhe daneben gezeichnet. Das Gussstück wird mittels Lehren stets ganz gleichmässig gearbeltet, sodass die übrigen Teile nur angeschraubt zu werden brauchen und die Justierung eine sehr einfache ist. Die Achse, um welche die Drahtspule sich dreht, ist in den beiden oben und unten sichtbaren, mit dem Trägerstück ein Ganzes bilden-

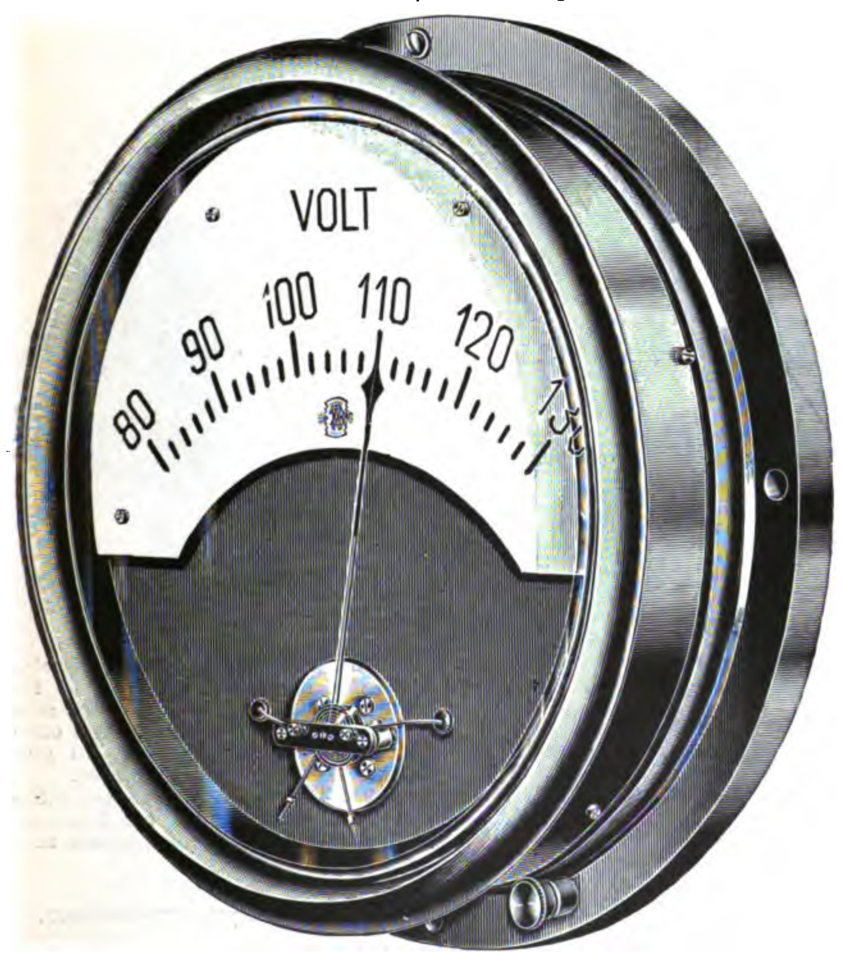


Fig. 489.

den horizontalen Streifen gelagert, während die Eisenkugel mittels zweier einander horizontal gegenüberstehender Schrauben befestigt ist. Die beiden Polschuhe werden mittels angeschnittener Gewinde von grossem Durchmesser von beiden Seiten an den runden Teil des Trägerstückes angeschraubt, während der Stahlmagnet mit den Innenseiten seiner Schenkel an den ebenen, hinteren Flächen der beiden Polschuhe anliegt und durch je eine Schraube mit ihnen verbunden ist.

Das bronzene Trägerstück trägt endlich auch die Skale und besitzt unten eine Art Fuss, mittels dessen es auf dem Boden des gusseisernen Gehäuses auf-

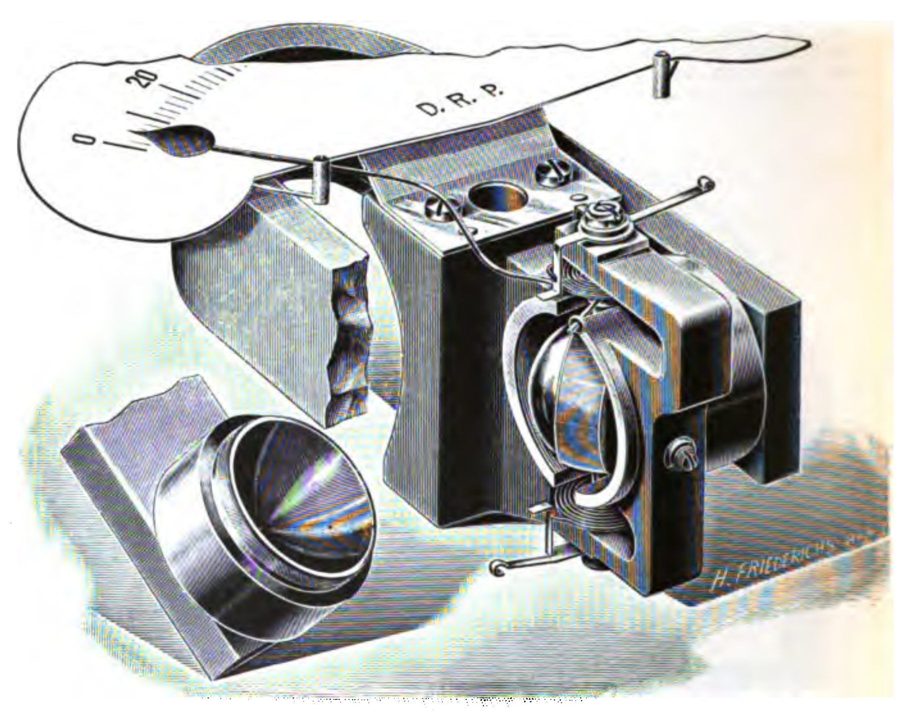


Fig. 490.

steht. Letzteres ist 3 bis 4 *mm* stark und schützt gegen magnetische Beeinflussung von aussen. Der Widerstand des Spannungsmessers beträgt 50 bis 60 Ohm pro Volt und besteht zum grössten Teile aus einem Material ohne Temperatur-Koëffizient. Fig. 491 gibt die äussere Ansicht des Apparates.



Fig. 491.

Mit geeigneten Abzweigwiderständen verbunden, werden die Kugelpol-Instrumente auch als Strommesser ausgeführt.

c) Hitzdraht-Spannungsmesser.

Diese Instrumente werden in erster Linie für Wechselstrom-Messungen gebaut, da sie keine nennenswerte Selbstinduktion besitzen. Von den verschiedenen existierenden Formen hat nur das sogenannte Hitzdrahtvoltmeter von Hartmann & Braun (konstruiert von A. Asch) auch in Gleichstrom-Anlagen Eingang gefunden und soll deswegen hier kurz beschrieben werden.

Die durch die Stromwärme bewirkte Verlängerung eines gespannten Drahtes wird bei diesem wie bei den übrigen Hitzdrahtinstrumenten zur Messung verwertet. Der Strom durchfliesst einen etwa 160 *mm* langen Draht aus Platinsilber von 0,06 *mm* Durchmesser, der horizontal ausgespannt ist. Etwa in der Mitte dieses Drahtes ist ein 100 *mm* langer Messingdraht von ungefähr gleicher Dicke befestigt, der senkrecht zum ersteren verläuft und an einer Klemme endigt. Von der Mitte des Messingdrahtes geht ein Kokonfaden um eine kleine Rolle herum und dann zu einer Blattfeder, welche den Faden spannt und dadurch den Messingdraht und durch dessen Vermittelung auch den Platinsilberdraht durchzubiegen bestrebt ist. Die erwähnte Rolle sitzt auf einer in Steinen gelagerten Achse, welche zugleich einen leichten Zeiger trägt.

Durchfliesst ein Strom den Platinsilberdraht, so erwärmt dieser sich und wird länger, sodass er durch den Zug der genannten Feder unter Vermittelung

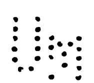


Fig. 492..

der übrigen Teile mehr oder weniger durchgebogen wird. Auch der Messingdraht biegt sich durch und infolgedessen wickelt der Kokonfaden sich etwas mehr auf die Rolle auf und dreht diese nebst dem Zeiger. Die Skale, vor welcher letzterer spielt, ist durch Vergleich mit einem Präzisions-Instrumente empirisch geteilt. Der Hitzdraht besitzt nur etwa 15 Ohm Widerstand. Ein weit grösserer, induktionsfrei gewickelter Widerstand aus Konstantandraht ist davorgeschaltet, sodass z. B. bei den Voltmetern für 110 Volt der Hitzdraht nur etwa 3% des Gesamtwiderstandes ausmacht.

Die Instrumente besitzen eine g u t e D ä m p f u n g dadurch, dass auf die Zeigeraxe eine leichte Aluminiumscheibe fest aufgesetzt ist, welche beim Ausschlage des beweglichen Systemes sich zwischen den eng zusammenstehenden Polen eines Stahlmagnetes bewegt. Dadurch entstehen Foucault-Ströme im Aluminium, welche die Bewegung zu hindern bestrebt sind und dadurch dämpfen.

Sämtliche Teile des Fig. 492 abgebildeten und ETZ 1893, S. 162 näher beschriebenen Instrumentes sind in eine runde Dose mit Glasdeckel eingeschlossen.



155. Signal-Spannungszeiger. In dem so häufig vorkommenden Falle, dass während eines stundenlangen Betriebes die Klemmenspannung einer Dynamomaschine oder anderen Stromquelle konstant gehalten werden muss, ist bei wechselndem Stromverbrauche die unausgesetzte Aufmerksamkeit des Maschinenwärters erforderlich. Dass dieses anhaltende Beobachten des Spannungsmessers, an welchem nur in längeren Pausen, und da gewöhnlich unvermutet, eine Veränderung bemerklich wird, einen Menschen auf die Dauer ermüden muss, bedarf keines Beweises. Und doch hängt von einer gewissenhaften Ausübung dieser Tätigkeit das gute Funktionieren der Beleuchtung mit ab; auch kann nur so eine normale Lebensdauer der Glühlampen erzielt werden. Ganz besonders ist auch bei Blockstationen die Zufriedenheit des von denselben mit Strom versorgten Publikums wesentlich dadurch bedingt, dass das Bedienungspersonal dauernd gewissenhaft seine Schuldigkeit tut. Um nun die genannte Arbeit weniger ermüdend zu machen, sind Apparate konstruiert worden, welche dem Maschinisten jede Abweichung der Spannung von dem normalen Betrage anzeigen, auch ohne dass er in dem gleichen Augenblicke den Spannungsmesser beobachtet. Solche Vorrichtungen sind die sogen. Spannungswecker, welche ein Klingelsignal geben, wenn der normale Spannungswert nach oben oder unten überschritten wird, und die Spannungszeiger mit besonderem optischen Signal, bei welchen in dem genannten Falle die eine oder die andere von zwei verschieden gefärbten Glühlampen zu brennen beginnt.

Der wesentliche Teil aller dieser Apparate ist eine Art von Relais (vergl. **121**), dessen Drahtwickelung wie die eines Spannungsmessers zwischen die beiden Punkte eingeschaltet ist, zwischen welchen die Spannung konstant gehalten werden soll. Dieser Apparat ist so justiert, dass beim normalen Betrage der Spannung der bewegliche Kontaktteil zwischen zwei festen Kontaktstücken schwebt, ohne eines davon zu berühren. Überschreitet die Spannung den richtigen Wert mehr als zulässig, so macht das bewegliche Stück mit einem der beiden festen Kontakt und schliesst damit einen von zwei Stromkreisen. Jeder der letzteren enthält eine Klingel von verschiedener Tonhöhe, oder aber eine Glühlampe mit verschieden gefärbtem Glasballon, eventuell auch beides, wodurch die obengenannten Signale zu stande kommen. Der Strom für diese Signalstromkreise wird der Hauptstromquelle entnommen.

In einfachster Weise stellen Schuckert & Co. einen Spannungswecker her aus dem auch zur Fernspannungsregulierung benutzten, Fig. 244 (S. 318) im Schema abgebildeten Relais und zwei gewöhnlichen elektrischen Klingeln, vor welche noch ein Ballastwiderstand geschaltet wird, da ihre Wickelung nur für Spannungen von etwa 10 Volt eingerichtet ist.

Der Spannungswecker von **Siemens & Halske** enthält Relais und Klingeln zu einem Apparat vereinigt (Fig. 493). Die Elektromagnetspule steht horizontal; der von ihr beeinflusste Eisenkern ist an einer federnden Zunge befestigt, deren Ende zwischen zwei Kontaktschrauben spielt. Vor dem Gehäuse des Apparates, das durch eine Glasscheibe geschlossen ist, ist eine durch Schirm nach aussen abgeblendete Glühlampe zur Beleuchtung angebracht.[1]

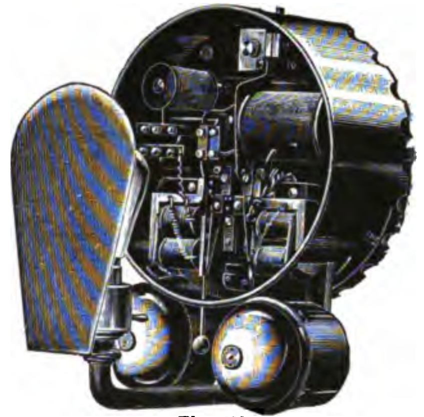


Fig. 493.

Bei einem für den gleichen Zweck bestimmten Apparat von **C. & E. Fein** (Fig. 494) ist das Relais gleichzeitig als Spannungszeiger ausgebildet. Zwei Kontaktfedern, welchen zwei Kontaktschrauben gegenüberstehen, sind an dem Zeiger des in der Mitte des Apparates angebrachten Spannungsmessers befestigt. Die rechts und links davon befindliche rote, bezw. grüne Glasscheibe, hinter welchen bei zu hoher, bezw. zu niederer Spannung je eine Glühlampe zu leuchten beginnt, sind mit entsprechenden Aufschriften versehen. Diese bezeichnen, wie in der Abbildung, die Art der Abweichung der Tourenzahl der Dynamomaschine,



Fig. 494.

oder aber der Spannung im Leitungsnetze vom normalen Werte. Sobald eine der Lampen aufleuchtet, ertönt zugleich eine Klingel.

Die Einstellung der Kontaktvorrichtung reguliert man bei derartigen Apparaten so, dass nicht beliebig kleine Abweichungen von der Normalspannung schon angezeigt werden, sondern dass das Signal erst anspricht, wenn die Abweichung mindestens $^1/_2$ % beträgt. Eine feinere Einstellung hat keinen Zweck und würde ausserdem zur Folge haben, dass der Wärter den Apparat, der ja dann fast unaufhörlich signalisieren würde, nicht mehr beachtete.

Alle derartigen Signalapparate zum Anzeigen von Spannungsschwankungen haben den Mangel, dass sie auf die Dauer nicht unverändert bleiben, sodass ein häufigeres Kontrollieren und Nachregulieren erforderlich ist. Man vergleicht sie dabei, falls nicht ein Westonsches oder anderes Kontrollinstrument vorhanden, am einfachsten mit dem Spannungsmesser, den jene Apparate keineswegs entbehrlich machen können.

Strommesser.

156. Die Strommesser (Ampèremeter, Stromzeiger) dienen zum Anzeigen der Stärke des von einer Stromquelle gelieferten Stromes. In kleineren Anlagen für Parallelschaltung der Lampen mit reinem Maschinenbetrieb, insbesondere wenn die Zahl der brennenden Lampen sich nicht wesentlich ändert, ist ein Strommesser nicht unbedingt erforderlich, jedoch stets wünschenswert. In grösseren Betrieben dieser Art kann er nicht entbehrt werden, ebenso wenn Akkumulatoren vorhanden sind. Für Anlagen mit Reihenschaltung der Lampen bildet er dagegen das wichtigste Messinstrument, da hier nicht die Spannung, sondern die Stromstärke konstant zu halten ist.

In der Konstruktion stimmt die Mehrzahl der gewöhnlichen Strommesser mit beweglicher Eisenmasse mit den Spannungsmessern, welche von denselben Firmen gebaut werden, überein, bis auf die Drahtwickelung. Die Spannungsmesser für technische Zwecke sind ja, wie oben erwähnt, nichts anderes als Strommesser von hohem Widerstande und entsprechend grosser Empfindlichkeit. Durch Verminderung der Zahl der Drahtwindungen und dementsprechende Vermehrung ihres Querschnittes kann ein derartiges Instrument zum Messen von Strömen von beliebiger Stärke verwendbar gemacht werden. Die Teilung ist dann selbstverständlich eine andere, sie muss in Ampère ausgeführt sein. Dagegen gibt es bei den Instrumenten mit beweglichem Eisenteile nach wie vor einen bestimmten Bereich der Skala, innerhalb dessen die Proportionalität des Ausschlages mit der Stromstärke am grössten ist. Dieser liegt auch an der nämlichen Stelle, wie wenn der Apparat als Spannungsmesser gewickelt ist, vorausgesetzt, dass in beiden Fällen die Zahl der

Ampèrewindungen und der Wickelungsraum der Drahtspule dieselben sind.

Bei Strommessern fällt die Bedingung weg, dass der Widerstand des Instrumentes konstant bleiben muss, da die Angaben nur von der Windungszahl und der Stromstärke abhängen und der Apparat ja die Stromstärken anzeigen soll. Dagegen genügt es nicht, wenn der Messbereich in enge Grenzen eingeschlossen ist. Vielmehr sollte die Teilung gestatten, von 0 ab bis zum zulässigen Maximalstrom jeden beliebigen Wert der Stromstärke zu messen, falls der Strommesser in einer Anlage mit stark wechselndem Stromverbrauche Verwendung finden soll. Mit anderen Worten: es ist Proportionalität zwischen Ausschlag und Stromstärke über das ganze Gebiet, welches die Teilung umfasst, erwünscht. Es ist jedoch bis jetzt nicht gelungen, einen technischen Strommesser mit beweglichem Eisenteile zum direkten Anzeigen der Stromstärke zu konstruieren, welcher der vorgenannten Bedingung ganz entspräche. Die meisten bei uns gebräuchlichen Instrumente, insbesondere diejenigen, welche sich von analog konstruierten Spannungsmessern nur durch die veränderte Wickelung unterscheiden, besitzen, wie schon erwähnt, ebenfalls nur einen beschränkten Messbereich, innerhalb dessen die Proportionalität ungefähr erreicht ist. In diesem liegt gewöhnlich die Stromstärke, welche bei vollem Betriebe vorhanden ist. Dagegen sind derartige Apparate zum Messen kleinerer Ströme nur schlecht zu gebrauchen, da der Teil der Skala von 0 bis zum Beginne des eigentlichen Messbereiches meist eine sehr kleine Länge hat, auf welcher der Einfluss von Einstellungs- und Ablesungsfehlern natürlich gross ist. Liegt die zu ermittelnde Stromstärke in diesem Gebiete der Teilung, so kann nur von einer ungefähren Schätzung, nicht von einer Messung die Rede sein. Diesen Teil möglichst klein zu machen, so zwar, dass derselbe nur auf einen geringen Bruchteil des gesamten Messgebietes sich erstreckt, ist das Bestreben aller besseren Firmen, welche derartige Messinstrumente bauen. Und es muss anerkannt werden, dass es durch Verbesserung der magnetischen Disposition u. s. w. vielfach gelungen ist, den Bereich der zuverlässigen Messung nach den kleineren Werten der Stromstärke zu bedeutend zu erweitern.

Dagegen besitzen die nach dem Westonschen Prinzip (**154** b) gebauten Strommesser, wie die bezüglichen Spannungsmesser, eine fast völlig proportionale Skala.

Übrigens liegt in Beleuchtungsanlagen mit wechselndem Stromverbrauche ein Bedürfnis, die Stromstärke genau zu messen, solange sie noch weit unter dem Maximalbetrage ist, gewöhnlich kaum vor. Ja, ein solches besteht, mit Ausnahme vielleicht bei den Lade- und Entladeströmen von Akkumulatoren, für Strommesser, welche in

Parallelschaltungs-Anlagen Verwendung finden, überhaupt nicht in dem Grade, wie bezüglich der Spannungsmesser. Denn die ersteren sollen in den meisten Fällen dem Maschinisten ja nur die ungefähre Höhe des Stromverbrauches im Leitungsnetz anzeigen. In Betrieben für Serienschaltung der Lampen spielt dagegen, wie erwähnt, der Strommesser dieselbe Rolle wie der Spannungszeiger im Parallelbetriebe. Da jedoch dann der Strom auf einem konstanten Werte zu erhalten ist, so genügen diesem Zwecke schon Instrumente, deren Angaben nur für einen beschränkten Bereich, welcher jenen Normalwert enthält, zuverlässig sind.

Was die Wickelung der Strommesser betrifft, so richtet sich der Querschnitt der Windungen nach dem höchsten Strombetrage, welcher noch soll gemessen werden können. Je größer der letztere ist, desto grösser wird auch der Drahtquerschnitt und desto kleiner die Zahl der Windungen, so zwar, dass das in Ampèrewindungen ausgedrückte Produkt Windungszahl mal Stromstärke denselben Wert behält. So lässt sich ein und dasselbe Modell eines Strommessers, bei gleichbleibenden Dimensionen aller Teile (insbesondere auch des Wickelungsraumes), durch Veränderung der Wickelung für ganz verschiedene Stromstärken einrichten. Die Wickelung wird stets aus Kupfer hergestellt, um den Widerstand möglichst klein zu halten. Bei geringen Querschnitten wird dazu umsponnener Draht, für grössere Querschnitte leicht biegsame Drahtlitze oder Kabel und für die grössten Stromstärken blankes Kupfer mit Luftisolation verwendet. Die Windungen sind im letzteren Falle durch Fräsen oder dergl. aus einem massiven Kupferstücke herausgearbeitet. Für Ströme von etwa 1000 Ampère und mehr ist oft nur eine einzige Windung, oder ein Bruchteil einer solchen, oder gar nur ein gerades Leiterstück vorhanden, dessen magnetische Wirkung hinreicht.

Die Strommesser werden in eine der beiden Leitungshälften eingeschaltet, sodass die Leitung an der betreffenden Stelle geöffnet und die beiden so entstandenen Enden mit den Klemmen des Instrumentes verschraubt werden. Das letztere bildet dann einen Bestandteil der Leitung, welchen der in derselben vorhandene Strom zu durchfliessen gezwungen ist. Um den Apparat während des Betriebes auszuschalten, muss man ihn kurzschliessen, d. h. zwischen seinen Klemmen eine widerstandslose metallische Verbindung herstellen.

157. Konstruktion einiger Strommesser. Der von der »Elektricitäts-Aktien-Gesellschaft, vorm. Schuckert & Co.,« fabrizierte Strommesser von Hummel (Fig. 495) stimmt in der Konstruktion der wesentlichen Teile mit dem in Fig. 469 abgebildeten Spannungsmesser derselben Firma überein. Er unterscheidet sich von dem letzteren nur in der Wickelung der Spule und durch die entsprechend kräftiger ausgeführten Klemmen. Die Spule des hier abgebildeten Instrumentes ist aus blankem Kupfer ausgefräst. Instrumente für Ströme bis 1000 Ampère und darüber besitzen keinen gewundenen Stromleiter, sondern ein

einziges senkrechtes Kupferstück. An der einen Seite ist in dieses ein zylindrischer Schlitz eingeschnitten, in welchem das Eisenblechstück nebst Zeiger drehbar angebracht ist. Diese letzteren Teile besitzen für alle Grössen des Instrumentes, auch für die zuletzt genannte, die gleiche Form. Wird der gerade Kupferleiter von einem kräftigen Strome durchflossen, so zieht er die kleine Eisenmasse näher zu sich heran und bewirkt so die Drehung des Zeigers.



Fig. 495.

Hartmann & Braun führen das S. 434 beschriebene und Fig. 470 abgebildete Instrument auch als Strommesser aus. Ausserdem baut die Firma andere, ebenfalls dosenförmige Stromzeiger, welche auf dem Prinzip des Federgalvanometers von Friedrich Kohlrausch beruhen. In eine Drahtspule, welche mit ihrer Achse vertikal steht, wird bei Stromdurchgang ein Eisenkern aus dünnem Blech nach oben hineingezogen. Seine geradlinige Bewegung wird durch einen kleinen Hebel zur Drehung einer Achse verwendet. Auf der letzteren sitzt der vor der Skala spielende Zeiger und gleichzeitig eine Spiralfeder, welche bei Drehung der Achse tordiert wird und die Gegenkraft gegen die Aufwärtsbewegung

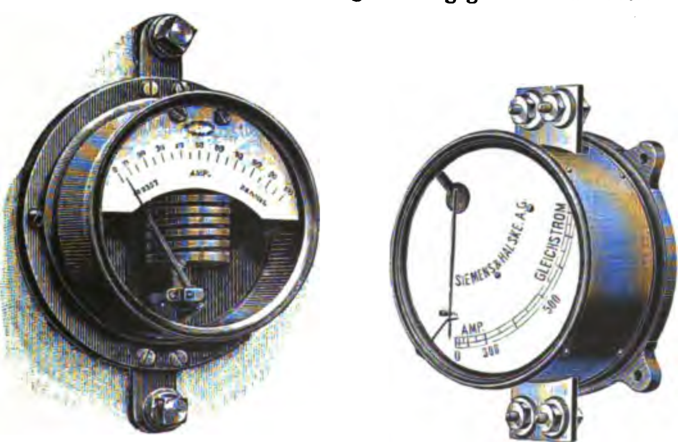


Fig. 496. Fig. 497.

des Eisenkernes liefert. Da der Kern, auch bei der grössten zulässigen Stromstärke, sich nur um ein kleines Stück in die Spule hineinbewegt, so wird hier Proportionalität des Ausschlages mit der Stromstärke bis zu einem gewissen

Grade erreicht. Ferner kann man dadurch, dass man die Eisenmasse des Kernes an beiden Enden grösser als in der Mitte macht, grössere Gleichförmigkeit in der anziehenden Kraft der Spule bei verschiedenen Stellungen des Eisenkernes und dadurch ebenfalls eine mehr proportionale Skala erzielen. Fig. 496 zeigt einen Strommesser dieser Art mit einer fast proportionalen Skale. Die Spule ist aus einem soliden Kupferstücke herausgefräst.

Der Strommesser von Siemens & Halske mit beweglicher Eisenmasse stimmt in der elektromagnetischen Einrichtung mit dem S. 435 beschriebenen Spannungszeiger derselben Firma überein. Die Drahtspule, in deren schmale, schlitzartige Höhlung das Eisenscheibchen hineingezogen wird, ist bei den Instrumenten für grössere Stromstärken aus Streifen von Kupferblech zusammengesetzt. Die Dämpfung geschieht auf dieselbe Weise wie bei den Spannungszeigern. Fig. 497 zeigt die äussere Gestalt eines Instrumentes für bis 800 Ampère.



Fig. 498.

Die Strommesser der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft« (Fig. 498) unterscheiden sich von dem S. 434 beschriebenen Spannungsmesser von von Dobrowolsky ebenfalls lediglich durch die Wickelung. Die beweglichen Teile haben die Fig. 471 abgebildete Gestalt. Auch bei den für sehr hohe Stromstärken bestimmten Formen besteht die Spule noch aus mehreren Windungen welche aus aufgeschnittenen Kupferscheiben und passenden Zwischenstücken zu einer Spirale zusammengesetzt sind. Infolgedessen werden auch diese letzteren Instrumente durch starke Ströme, welche in nahe vorbeiführenden Leitungen fliessen, kaum beeinflusst.

Spannungsmesser mit beweglicher Drahtspule für niedere Spannungen können ebenfalls zur Messung von Stromstärken benutzt werden. Zu diesem Zwecke erhalten sie einen künstlichen Widerstand von geringem Betrage, jedoch von verhältnismässig grossem Querschnitte beigegeben. Dieser ist gewöhnlich in Blechform aus einer Neusilberlegierung hergestellt. Von den beiden mit starken Kupferfassungen versehenen Enden des Widerstandes wird der Spannungsmesser abgezweigt, während der zu messende Strom durch den genannten »Abzweigwiderstand« (shunt) geleitet wird. Die Spannungsdifferenz an den Enden des Abzweigwiderstandes ändert sich proportional dem hindurchgeleiteten Strome (vergl. **6** und **7**), vorausgesetzt, dass der Betrag des Widerstandes bei Stromdurchgang sich nicht wesentlich verändert. Statt nun die Skale des Instrumentes in Volt zu teilen, gibt man ihr eine Teilung nach Ampère entsprechend den den Abzweigwiderstand durchfliessenden Stromstärken. Diese indirekte Art der Strommessung ist vollkommen genau. Der Querschnitt des Abzweigwiderstandes muss jedoch so bemessen sein, dass er die höchste vorkommende Stromstärke ohne Schaden verträgt. Bei Instrumenten für kleine und mittlere Stromstärken ist der Abzweigwiderstand im Apparate selbst untergebracht. Für Ströme von mehreren hundert Ampère nimmt er jedoch zu grosse Dimensionen an und wird deswegen als selbständiger Teil ausgeführt. Fig. 499 zeigt einen derartigen Widerstand nebst parallel geschaltetem Messinstrument von Schuckert & Co. für 300 Ampère Maximalstrom. In die beiden Kabelschuhe werden die Enden der Hauptleitung eingelötet, während der Spannungsmesser an zwei kleine, weiter nach innen sitzende Klemmen angesetzt ist. Der Abzweigwiderstand besteht aus

mehreren parallelgeschalteten Blechstreifen, die zwischen zwei Kupferklötze gelötet sind.

Auch die Hitzdraht-Instrumente von Hartmann & Braun werden in Verbindung mit ähnlichen Abzweigwiderständen als Strommesser ausgeführt.

158. Stromrichtungszeiger. Die Angaben der Strom- und Spannungsmesser, welche keine permanenten Magnete, sondern nur weiche Eisenmassen enthalten, lassen die Richtung des Stromes nicht erkennen. Die Ausschläge dieser Instrumente gehen auch bei wechselnder Stromrichtung stets nach derselben Seite. In vielen Fällen ist es jedoch erforderlich, die Richtung des Stromes zu kennen. So z. B. bei Akkumulatorenbetrieb und in grösseren Anlagen, in welchen meh-



Fig. 499.



Fig. 500.

rere Dynamomaschinen zusammen auf die gleichen Leitungen arbeiten. Auch in kleineren Betrieben ist es erwünscht, die Stromrichtung leicht erkennen zu können, wenn Bogenlampen, die ja eine bestimmte Richtung des Stromes erfordern, vorhanden sind. Dem genannten Zwecke dienen die sogen. Stromrichtungszeiger. Dies sind ganz einfache Vorrichtungen, meist aus einem um eine Achse drehbaren Magnetstäbchen bestehend, welches zwischen oder vor einigen Drahtwindungen angeordnet ist, für stärkere Ströme vor einem einzigen geraden Leiterstück. Der Magnet dient entweder selbst als Zeiger oder ist mit einem solchen fest verbunden. Die durch Glas geschlossene Dose, welche das ganze umgibt, enthält eine

Papierscheibe, auf welcher die Bedeutung der verschiedenen Richtungen des Ausschlages kenntlich gemacht ist.

Man verlangt von einem Stromrichtungszeiger, dass er schon bei schwachem Strome einen deutlichen Ausschlag gebe, und dass der Magnet desselben auch bei den höchsten vorkommenden Stromstärken nicht umpolarisiert werden könne.

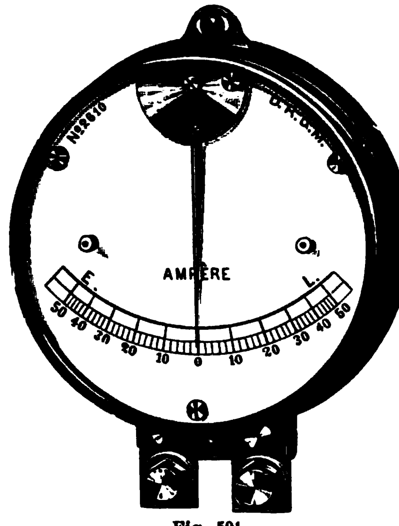


Fig. 501.

Fig. 500 zeigt einen derartigen Apparat von Dr. P. Meyer zum Einschalten in eine senkrecht laufende Leitung für starke Ströme. Er ist für Akkumulatorenbetrieb bestimmt und trägt dementsprechend Bezeichnungen, welche die beim Laden und die beim Entladen herrschende Stromrichtung kenntlich machen.

Es ist auch möglich, Stromrichtungszeiger und Strommesser zu einem einzigen Apparate zu vereinigen. Man verwendet zu diesem Zwecke Strommesser mit beweglicher Spule, oder mit beweglichem Magnet und fester Spule, deren Nullpunkt in der Mitte der Skala liegt. Diese schlagen, je nach der Stromrichtung, nach rechts oder links aus. Fig. 501 stellt ein derartiges Instrument von Dr. Th. Horn dar.

Erdschluss-Anzeiger.

159. Störungen, welche im Betriebe elektrischer Beleuchtungsanlagen eintreten, sind häufig dadurch veranlasst, dass an irgend welchen Stellen im Stromkreise leitende Verbindungen mit der Erde sich gebildet haben (sogen. Erdschluss). So lange derartige Erdverbindungen bei Anlagen für Parallelschaltung sich auf die eine Leitungshälfte, z. B. die positive Leitung allein, beschränken, sind sie ziemlich unschädlich. Erst wenn die zweite Leitungshälfte ebenfalls Erdschluss bekommt, findet Stromverlust durch die Erde statt. Dieser vermag den Betrieb nicht zu stören, solange der Widerstand der Ableitungen gross, die Stärke des durch die Erde sich ausgleichenden Stromteiles also gering bleibt. Es ist jedoch stets wahrscheinlich, dass der Widerstand derartiger Erdschlussstellen mit der Zeit kleiner und dadurch gefahrbringend werde. Darum ist es wünschenswert, insbesondere bei grösseren, vielverzweigten Leitungsnetzen, leicht feststellen zu können, ob eine Erdableitung besteht und in welcher der beiden Leitungshälften, unter gleichzeitiger ungefährer Angabe des Ableitungswiderstandes. Zu diesem Zwecke ist

in vielen, insbesondere grösseren Anlagen ein sogen. **Erdschluss-Anzeiger** vorhanden. Dieser befindet sich am Orte der Stromerzeugung (Maschinenraum). Es muss dazu eine besondere Erdverbindung von möglichst geringem Widerstande zur Verfügung stehen. Als solche kann die Wasser- oder Gasleitung oder die Erdleitung eines gut ausgeführten Blitzableiters dienen.

Einen einfachen Erdschlusszeiger, bei welchem jedoch eine wirkliche Widerstandsmessung nicht möglich ist, stellt Fig. 502 im Schema dar. G_1 und G_2 sind zwei hintereinander geschaltete Glühlampen. Die beiden freien Enden A und B derselben sind mit der positiven, bezw. negativen Hauptleitung oder, was dasselbe heisst, mit den Polen der Stromquelle verbunden. Zu der zwischen beiden Lampen befindlichen Verbindungsstelle C ist die oben erwähnte Erdleitung geführt. Wird die Beleuchtungsanlage mit 110 Volt betrieben, so verwendet man zwei 110 voltige Glühlampen, bei 65 Volt Betriebsspannung 65 voltige Lampen. Die Lampen sind so ausgewählt, dass sie bei gleichem Strome genau die gleiche Lichtstärke geben. Solange in keiner der Leitungen ein nennenswerter Erdschluss vorhanden ist, fliesst durch die Erdleitung kein Strom und beide Lampen brennen gleich hell. Da jede Lampe jedoch nur die Hälfte der zum normalen Brennen erforderlichen Spannung erhält, so kommen die Kohlenfäden nur etwa zur dunklen Rotglut. Hat dagegen eine der beiden Leitungen irgendwo Erdschluss, z. B. die negative, was in der Figur durch die punktierte Linie angedeutet ist, so fliesst von C aus nach B nicht nur Strom durch die Lampe G_2, sondern auch durch die Erde. Es ist nunmehr der Widerstand zwischen C und B wegen der vorhandenen Nebenschliessung durch die Erde kleiner und damit die Spannungsdifferenz zwischen C und B geringer, diejenige zwischen C und A also grösser als zuvor. Infolgedessen brennt G_1 heller, G_2 dunkler als wenn kein Erdschluss vorhanden wäre. Das umgekehrte ist der Fall, wenn der Erdschluss sich in der positiven Leitung befindet. Der Unterschied in der Lichtstärke der beiden Lampen lässt einen ungefähren Schluss auf die Grösse des Erdschlusswiderstandes zu.

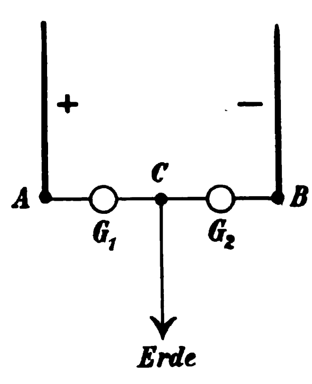


Fig. 502.

Man lässt selbstverständlich die Lampen nicht ständig brennen, sondern bringt zwischen A und G_1 einerseits, zwischen B und G_2 anderseits je einen Ausschalter an. Ist in beiden Leitungen Erdschluss vorhanden, so lässt die Vorrichtung nur erkennen, ob die Widerstände der beiden Ableitungen verschieden sind, während bei Gleichheit dieser Widerstände die Lampen gleich hell brennen. Mittels der erwähnten beiden Ausschalter kann man jedoch nach Belieben nur G_1 zwischen die positive Leitung und Erde, oder nur G_2 zwischen die negative Leitung und Erde einschalten. Das mehr oder weniger helle Brennen der Lampe gestattet einen Schluss auf die Grösse des Erdschlusswiderstandes für die entgegengesetzte Leitung, vorausgesetzt, dass derselbe so klein ist, dass die Lampe überhaupt zum Erglühen kommt. Es ist zweckmässig, auch die Ableitung zur Erde mit einem Ausschalter zu versehen, um sich jederzeit überzeugen zu können, ob die beiden Glühlampen bei abgenommener Erdverbindung noch gleich hell brennen.

Die beschriebene Vorrichtung lässt das Vorhandensein nur solcher Erdableitungen erkennen, deren Widerstand über eine gewisse Grösse nicht hinausgeht. Die Grenze dürfte, wenn die Betriebsspannung der Anlage 100 bis 110 Volt ist, bei einem Widerstandsbetrage des Erdschlusses von etwa 1000 Ohm liegen.

Ein Erdschluss von diesem Betrage bildet zwar keine direkte Gefahr für den Betrieb, ist aber nicht zulässig und muss aufgesucht und beseitigt werden. Man lässt jedoch Erdableitungen von beträchtlich höherem Widerstande häufig schon nicht mehr zu, da stets Gefahr ist, dass sie sich weiter ausbilden können. Zum Nachweise derselben sind feinere Mittel erforderlich, als die beschriebene Einrichtung mit zwei Glühlampen.



Fig. 503.

Der Erdschlussanzeiger von Siemens & Halske (Fig. 503) enthält eine elektrische Klingel und eine Glühlampe in Hintereinanderschaltung, sowie einen Umschalter Schaltet man mittels des letzteren den Apparat zwischen eine der zu prüfenden Leitungen und die Erde, so ertönt bei geringeren Isolationsfehlern (von etwa 2000 Ohm ab) die Klingel; bei grösseren (von etwa 1000 Ohm ab) erglüht auch die Lampe.

Eine wirkliche Widerstandsmessung gestattet die folgende, ebenfalls ziemlich einfache Anordnung. Ein Galvanometer G (Fig. 504) mit zahlreichen Windungen, aber von nicht zu grossem Widerstande, das z. B. so konstruiert sein kann wie die gewöhnlichen Stromzeiger, ist mit der einen Klemme an Erde gelegt. Die andere Klemme ist mit der Kurbel K eines Umschalters verbunden, welche nach Belieben auf einen von verschiedenen Kontaktknöpfen gestellt werden kann. Die letzteren sitzen an den verschiedenen Leitungsteilen, welche man auf Erd-

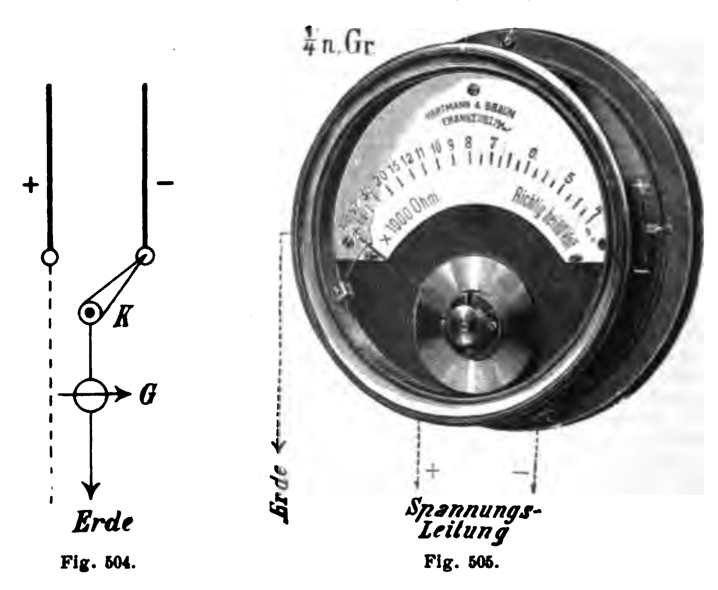


Fig. 504. Fig. 505.

schluss prüfen will. Zum Nachweise einer z. B. in der positiven Leitung vorhandenen Erdableitung setzt man die Kurbel auf den mit der negativen Leitung verbundenen Kontaktknopf (vergl. die Figur), während die Stromquelle im

Betriebe ist. Durch das Galvanometer fliesst dann ein Strom, dessen Stärke dem Widerstande des Erdschlusses der positiven Leitung nahezu umgekehrt proportional ist. An der Teilung des Instrumentes sind nun nicht Stromstärken aufgezeichnet, sondern gleich die Widerstände angegeben, welche den einzelnen Ausschlägen entsprechen, vorausgesetzt natürlich, dass die Spannungsdifferenz zwischen der positiven und negativen Leitung immer dieselbe bleibt (z. B. 110 Volt). Auf eine genaue Messung kommt es hier gar nicht an; ein Fehler von 20% ist noch ganz wohl zulässig. Ist in dem hier angenommenen Falle gleichzeitig auch in der negativen Leitung Erdschluss vorhanden, so wird dadurch das Resultat der Messung nur dann erheblich beeinträchtigt, wenn der Widerstand dieser letzten Erdableitung so klein ist, dass er mit dem Galvanometerwiderstand vergleichbar wird. Letzteren wird man deswegen klein machen, möglichst unter etwa 20 Ohm. Um einen an der negativen Leitung befindlichen Erdschluss zu messen, wird die Kurbel auf den mit der positiven Leitung verbundenen Kontaktknopf gestellt. Einen Apparat dieser Art (sogen. Ohmmeter) von Hartmann & Braun zeigt Fig. 505. Die Umschaltkurbel steht aus dem Apparatgehäuse rechts heraus.

Diese Vorrichtung dient zum Nachweise und zur ungefähren Messung von Erdschlusswiderständen, die nicht über 100000 Ohm betragen. Zur Ermittelung des Widerstandes zwischen einer durchweg wohl isolierten Leitung und der Erde verwendet man empfindlichere Hülfsmittel, von welchen in dem Abschnitte »Messungen« noch die Rede sein wird. Es sind überdies von verschiedenen Firmen noch weitere Einrichtungen zum Anzeigen von Erdschlüssen während des Betriebes ausgeführt, auf welche hier nicht eingegangen werden soll.[1])

Blitz-Schutzvorrichtungen.[2])

160. Bei Leitungen, welche im Freien durch die Luft führen, ist Gefahr vorhanden, dass während eines Gewitters Blitzentladungen oder Teile von solchen ihren Weg durch die Leitung nehmen und Brandschäden verursachen, die Drahtwickelung von Dynamomaschinen sowie sonstige Apparate beschädigen, eventuell auch das Leben des Bedienungspersonales gefährden. Man versieht deshalb alle längeren derartigen Leitungen, z. B. bei ausgedehnten Bogenlichtanlagen im Freien oder bei Blockanlagen, deren Leitungen zum Teil über Dächer geführt sind, mit Blitz-Schutzvorrichtungen.

Derartige Vorrichtungen bieten der Blitzentladung einen Weg zur Erde, den jedoch der normale Strom der Anlage nicht zu durchlaufen vermag. Es kommt darauf an, dass möglichst die ganze Blitzentladung den ihr durch die genannte Vorrichtung dargebotenen Weg zum Erdreiche nimmt.

Vermöge ihrer hohen Spannung vermag die atmosphärische Entladung kurze Luftstrecken ohne Schwierigkeit zu überspringen, während diese für Ströme, welche nur einige hundert Volt Spannung besitzen, ein unüberwindliches Hindernis darstellen. Hierauf sind die Tele-

---

[1]) Beschreibungen einer grösseren Anzahl derartiger Vorrichtungen, zum Teil amerikanischen Ursprunges, gibt M. Kallmann, ETZ 1893, S. 681.

[2]) Die Blitz-Schutzvorrichtungen sollen, obwohl nicht zu den Messinstrumenten gehörig, doch an dieser Stelle, im Anschlusse an die Erdschlussanzeiger, besprochen werden.

graphen-Blitzableiter gegründet, welche zum Schutze der Apparate sowie von Kabelleitungen schon seit Jahrzehnten Verwendung finden. Bei diesen Vorrichtungen wird eine mit der Erde verbundene Metallplatte einer anderen, welche mit der Leitung in Verbindung steht, bis auf wenige Zehntel Millimeter genähert. Die zwischenliegende Luftschicht verhindert den Übergang des Betriebsstromes, dessen Spannung gegen diejenige, welche bei einem Blitzschlage sich ausgleicht, sehr klein ist. Die Blitzentladung dagegen wählt den direkten Weg zur Erde durch die kurze Luftstrecke. Die beiden, gewöhnlich senkrecht übereinander liegenden Platten sind an den einander zugewendeten Flächen mit einer scharfen Riefelung versehen.

Vorrichtungen der nämlichen Art wurden vielfach auch in Starkstromanlagen mit oberirdischen Leitungen benutzt. Dabei steht die eine der beiden Riefelplatten mit der Luftleitung, möglichst nahe an deren Einführungsstelle in das Gebäude, in Verbindung (vergl. die Schaltungsskizze Fig. 506).

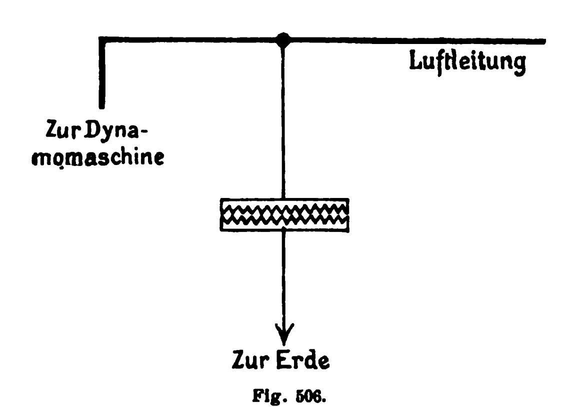


Fig. 506.

Sehr wahrscheinlich und durch neuere Versuchsergebnisse[1]) bestätigt ist die Annahme, dass die Selbstinduktion in den Drahtwindungen der zu schützenden Dynamomaschine oder sonstigen Apparate wesentlich dazu beiträgt, dass diese Teile von der Entladung ganz oder fast ganz verschont bleiben, da beim Auftreten der sehr schnell verlaufenden elektrischen Schwingungen, aus welchen die Entladung wahrscheinlich gebildet ist, eine hohe elektromotorische Gegenkraft in den Drahtwindungen entsteht. Dagegen darf der Blitzableiter selbst gar keine Selbstinduktion besitzen, damit er der Blitzentladung einen möglichst bequemen Weg zur Erde bietet. Gewöhnlicher sogen. Ohmscher Widerstand bildet kein nennenswertes Hindernis.

Von der Verwendung von Blitzschutzvorrichtungen, deren Einrichtung der der oben kurz erläuterten Telegraphenblitzableiter entspricht, ist man in den letzten Jahren fast ganz abgekommen. Man ist genötigt, stets beide Teile (den positiven und den negativen) einer oberirdischen Leitung mit Blitzschutzapparaten auszurüsten. Wenn nun beide Hälften der Leitung zugleich von der Entladung

[1]) Vergl. H. Zielinski, ETZ 1893, S. 319 und 333.

getroffen werden, so findet bei beiden Schmelzung zwischen den geriefelten Platten statt und es kann dadurch ein Kurzschluss zwischen dem positiven und dem negativen Strange der Leitung entstehen oder doch Lichtbögen erzeugt werden, durch welche der Maschinenstrom übergeht und seinerseits durch Schmelzung völligen Kurzschluss erzeugt. Zur Vermeidung dieser Gefahr hat man z. B. die Erdleitung nur zur einen Hälfte der »zweipoligen« Blitzschutzvorrichtung geführt und die andere durch einen zwischengeschalteten Bleidraht mit der Erdleitung verbunden. Beginnt bei eingetretener Schmelzung der Betriebsstrom zwischen beiden Hälften der Vorrichtung überzugehen, so bringt er alsbald den Bleidraht zum Durchschmelzen und Kurzschluss kann nicht entstehen. Oder man schaltet zwischen die für die einzelnen Pole bestimmten Blitzschutzvorrichtungen und die gemeinsame Erdleitung Widerstände, z. B. aus Kohlenstäben (Schuckert & Co.). Diese besitzen einen genügenden »Ohmschen« Widerstand, um in dem beschriebenen Falle Kurzschluss zu verhindern, dagegen keinen nennenswerten »induktiven« Widerstand, sodass die Blitzentladung sie ungehindert passiert.

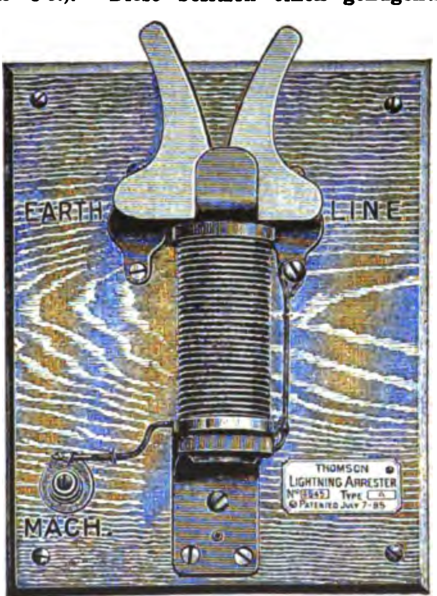


Fig. 507.

Derartig vorgerichtete Apparate müssen indessen stets sorgfältig revidiert werden, ob keine Verschmelzung stattgefunden hat, ob der erwähnte Bleidraht nicht durchgeschmolzen ist, ob die Kohlenwiderstände notgelitten haben usw. Dies ist lästig, besonders bei Blitzschutzvorrichtungen, die im Freien an Stangen oder sonst nicht bequem zugänglichen Stellen angebracht sind. Es sind deswegen Blitzschutzapparate erdacht worden, welche das Auftreten von Kurzschluss ebenfalls selbsttätig vermeiden, ohne dass jedoch nach jedem Funktionieren des Apparates eine Reparatur erforderlich würde. Von solchen Blitzschutzvorrichtungen »mit selbsttätiger Funkenlöschung« ist zu nennen der Apparat von Elihu Thomson. Dieser besteht aus einem Elektromagnete, dessen Wickelung zwischen die Leitung und die zu schützende Dynamomaschine eingeschaltet wird, und zwar je ein solcher Apparat in den positiven und in den negativen Leitungsstrang. Die Funkenstrecke, über die eine die Leitung treffende Entladung zur Erde springen kann, ist gebildet aus zwei bogenförmigen Metallstücken, von denen das eine mit dem Leitungsstrange, das andere mit der Erde verbunden ist (Fig. 507). Der Abstand der beiden Stücke ist an der Stelle, wo sie sich am nächsten stehen, etwa 1 *mm*. Diese Stelle befindet sich zwischen den Polschuhen des genannten Elektromagnetes. Geht eine Entladung über die Funkenstrecke und erzeugt einen Lichtbogen, so ist dieser durch die von den Magnetpolen ausgehenden Kraftlinien beeinflusst. Nach einer bekannten Tatsache der Physik stossen die Magnetpole den Lichtbogen kräftig ab. Dadurch wird der Bogen nach den Teilen der beiden genannten Metallstücke getrieben, wo die Funkenstrecke immer länger wird. So wird auch der Lichtbogen länger und zerreisst schliesslich, da die Bogenstücke an ihren Enden mehrere Zentimeter auseinander stehen. Ein Lichtbogen wird auf

diese Weise sofort nach dem Entstehen durch den Elektromagneten, der durch den Maschinenstrom ständig erregt ist, selbsttätig »ausgeblasen.«[1])

Der sogenannte Spulenblitzableiter mit magnetischer Funkenlöschung von Siemens & Halske besitzt im Schema die Fig. 508 abgebildete Einrichtung. Zwischen drei in einer Reihe angeordneten Metallstücken liegen zwei Funkenstrecken. An das ganz rechts befindliche Stück *L* wird die zur Dynamomaschine führende Leitung, an das ganz links liegende Stück *E* die Erdverbindung angesetzt. Zwischen *E* und das mittlere Metallstück ist die Wickelung eines Elektromagnetes eingeschaltet, dessen Kern ein Bündel von Eisenblechen ist und dessen Polstücke beide Funkenstrecken zwischen sich fassen. Eine Blitzentladung fährt durch beide Funkenstrecken zur Erde. Der eventuell nachfolgende Kurzschlussstrom dagegen teilt sich bei der zweiten Funkenstrecke in zwei Zweige, von denen der eine die Magnetwindungen durchfliesst. Das hierdurch erzeugte Kraftlinienfeld bläst die Lichtbögen in beiden Funkenstrecken aus. Fig. 509 gibt die äussere Ansicht des Apparates, der auf einer Grundplatte aus Isoliermaterial aufgebaut, mit einer isolierenden Kappe bedeckt und isoliert aufgehängt ist. Innerhalb der Schutzkappe liegt die Drahtspule, unter der Grundplatte die in ihrem gegenseitigen Abstande regulierbaren Metallstücke, sowie die Polstücke des Magnetes. Die Lichtbögen werden daher nach unten ausgeblasen. Der Apparat ist für Gleichstrom bis 750 Volt Spannung geeignet.

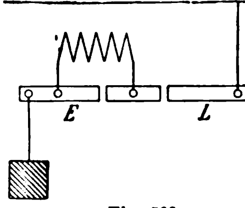


Fig. 508.

Das Zustandekommen eines dauernden Lichtbogens zwischen Leitungen verschiedener Polarität lässt sich auch dadurch verhindern, dass man zwischen



Fig. 509. Fig. 510.

jedem Leitungspole und Erde eine grössere Anzahl kurzer Funkenstrecken hintereinander schaltet. Die erhitzende Wirkung des Lichtbogens wird durch diese Zerteilung desselben stark abgeschwächt. Nach diesem Prinzip haben z. B. Voigt & Haeffner nach einem Vorschlage von Brown, Boveri & Co. die Fig. 510 abgebildete Blitzschutzvorrichtung konstruiert. Auf einer gusseisernen Grundplatte sind zwei Säulen angebracht, die aus abwechselnd aufeinander geschichteten Scheiben von Zink und Glimmer bestehen. Die Zink-

[1]) Über eine Verbesserung dieses Blitzableiters vergl. Klein, ETZ 1901, S. 1045.

scheiben sind 3 *mm*, die Glimmerplatten etwa 0,3 *mm* dick; beide haben 70 *mm* Durchmesser. Ein eiserner Bügel wird mittels einer zwischen den Säulen angebrachten Bolzenschraube oben auf die mit je einer Porzellanplatte bedeckten beiden Säulen aufgepresst. Die oberste Zinkplatte jeder Säule wird mittels einer hervorstehenden Kupferöse mit einer der beiden Hälften der betreffenden Luftleitung, die eiserne Grundplatte mit Erde verbunden. Eine die Leitung treffende Blitzentladung fährt an der betreffenden Säule aussen, unter Überspringung der Glimmerschichten, herab zur Erde. Derartige »Säulenblitzableiter« werden auch »einpolig«, d. h. für jeden Pol der Anlage

Fig. 511.

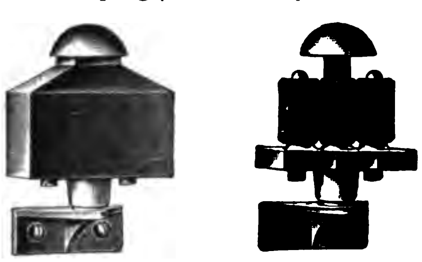


Fig. 512.

besonders verwendet. Fig. 511 zeigt eine solche mit einer Schutzkappe bedeckte Vorrichtung.

Einen wesentlich für Wechselstromanlagen bis 500 Volt Betriebsspannung bestimmten sogen. Walzenblitzableiter von Siemens & Halske veranschaulicht Fig. 512 in geschlossenem und geöffnetem Zustande. Zwischen drei Walzen aus einer Legierung von Zink und Antimon, von denen die beiden äussersten mit der Leitung bezw. mit Erde verbunden werden, befinden sich zwei Funkenstrecken. Wurts hat entdeckt, dass überspringende Funken bei der genannten Legierung keinen Lichtbogen bilden (wenigstens bei Wechselstrom nicht), weil deren Dämpfe und Verbrennungsprodukte den Strom schlecht leiten. Näheres über diesen Apparat vergl. ETZ 1893, S. 665; 1896, S. 512.

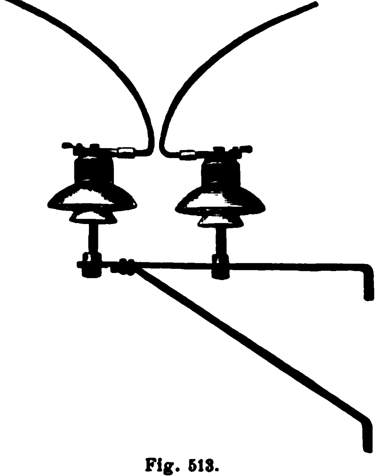


Fig. 513.

Für Hochspannungsanlagen verwenden Siemens & Halske den Fig. 513 abgebildeten Hörnerblitzableiter. Zwei starke Drähte, von denen der eine mit der Leitung, der andere mit der Erde verbunden ist, stehen auf Isolatoren einander gegenüber. In einem Teile ihrer Länge sind sie einander bis auf einen kleinen Abstand genähert, gehen aber dann nach oben zu erst allmählich, dann immer stärker auseinander. Wenn eine Blitzentladung an der schmalen Stelle überspringt und dadurch ein Lichtbogen als Weg für den Maschinenstrom zustande kommt, so wandert dieser Lichtbogen ganz von selbst nach oben, wird dadurch immer länger und zerreisst. Dies geschieht teils infolge des aufsteigenden warmen Luftstromes, teils vermöge einer von Faraday entdeckten Tatsache, wonach ein Stromkreis, von dem ein Teil beweglich ist, diesen Teil so verschiebt, dass die vom Strome umflossene Fläche größer wird.

Um zu verhindern, dass auch nur ein Teil einer Entladung zur Dynamomaschine gelange, empfiehlt es sich, zwischen diese und die Blitzschutzvorrichtung noch eine Drahtspule von hoher Selbstinduktion, aber geringem Widerstande zu schalten. Es genügt dazu schon, wenn man die Leitungsstücke zwischen Blitzschutzvorrichtung und der Einführungsstelle in das betreffende Gebäude zu einer Spirale aus 10—20 Windungen wickelt. Diese bietet der Blitzentladung genügenden induktiven Widerstand, um sie völlig durch die Funkenstrecken zur Erde abzudrängen. Fig. 514

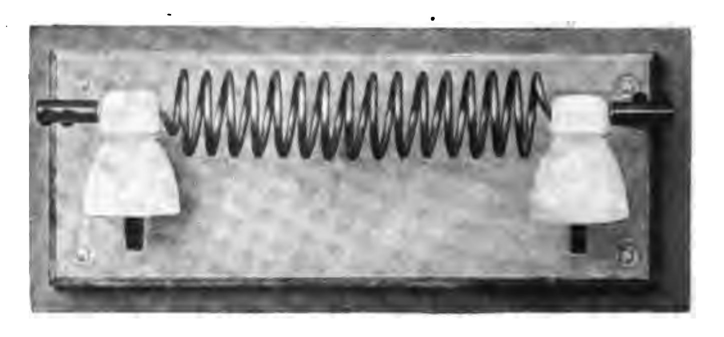


Fig. 514.

zeigt eine derartige zum Anbringen im Freien hergerichtete „Drosselspule" von Schuckert & Co. Fig. 515 veranschaulicht im Schema die Anordnung einer Blitzschutzvorrichtung BB nebst Induktionsspiralen SS bei einer Zweileiteranlage. Man stellt am besten für jeden Pol eine gesonderte Erdleitung her. Reissen dann bei eintretendem Kurzschluss die Lichtbögen einmal nicht ab, so kann ernstlicher Schaden doch nicht entstehen, da der Widerstand der beiden Erdverbindungen eingeschaltet bleibt. —

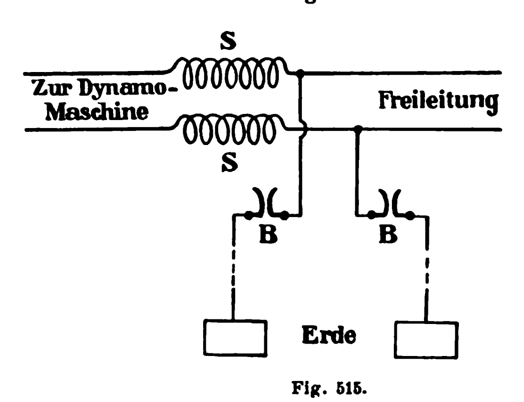


Fig. 515.

Zahlreiche weitere Blitzschutzapparate für Starkstromanlagen sind beschrieben von Kallmann, ETZ 1893, S. 665, von Görges, ETZ 1896, S. 511 und bei Neesen, »Die Sicherungen« u. s. w., Braunschweig 1899.

Für das gute Funktionieren einer Blitz-Schutzvorrichtung ist erste Bedingung, dass die Erdableitung gut, d. h. von geringem Widerstande (höchstens 10 Ohm) sei. Am besten wählt man als solche das Röhrennetz einer Wasser- eventuell Gasleitung. Anderenfalls ist ein Kupferblech oder eine verzinkte Eisenplatte von 1 *qm* Fläche oder ein Eisenrohr von etwa 10 *cm* Durchmesser und etwa 2 *m* Länge bis in eine stets feuchte Erdschicht einzugraben.

Auch wo keine Leitung im Freien läuft, das Leitungsnetz dagegen mehrere Stockwerke hoch in einem Gebäude aufsteigt, tut man gut, eine Blitz-Schutzvorrichtung anzubringen, insbesondere wenn das Gebäude isoliert steht und Gas- und Wasserleitung nicht vorhanden sind. Es soll geschehen, weil Blitzschläge auch in diesem Falle möglicherweise durch die Leitungen gehen können. In diesem Falle genügt es, dass man einen der genannten Apparate an die Sammelschienen der Schalttafel ansetzt.

Zum Schlusse sei noch bemerkt, dass eine unbedingt zuverlässige und dabei allen übrigen, im vorstehenden erwähnten Anforderungen durchaus genügende Blitz-Schutzvorrichtung für Starkstromanlagen bislang noch nicht existiert, trotz der dankenswerten Bemühungen des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« (vergl. ETZ 1896, S. 375.[1])

Tourenzähler.

161. Es wurde schon wiederholt hervorgehoben, dass es beim Betriebe von Dynamomaschinen auf die Erhaltung einer gleichmässigen Umdrehungsgeschwindigkeit sehr wesentlich ankommt. Die genaue Feststellung der Tourenzahl von Dynamomaschinen oder der dieselben antreibenden Motoren wird infolgedessen häufig erforderlich. Darum gehört eine Vorrichtung zur Messung von Umlaufszahlen zur Ausrüstung jeder, auch der kleinsten Anlage für elektrische Beleuchtung. Man bestimmt gewöhnlich die Anzahl Touren, welche die betreffende Welle in 1 Minute macht.

Der einfachste derartige Tourenzähler enthält eine Achse mit Schnecke, durch welche ein Schneckenrad in Umdrehung versetzt wird (Fig. 516). Ein an der Achse befestigter Dreispitz wird in das Körnerloch der betreffenden

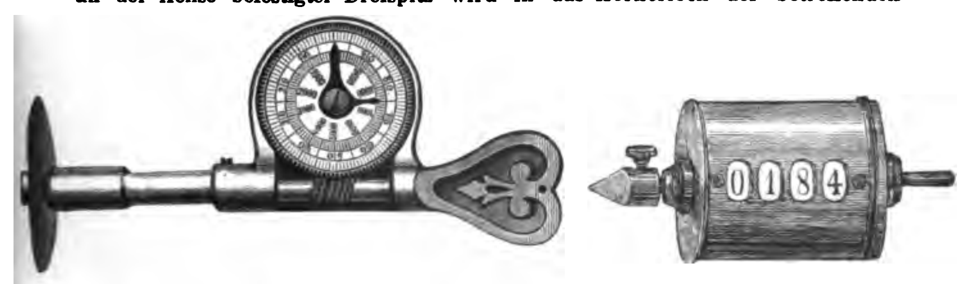


Fig. 516. Fig. 517.

Welle eingesetzt und von dieser mitgenommen. Bei jeder Umdrehung der letzteren geht das Zahnrad um 1 Zahn weiter. Die Zahl der Zähne, um welche es sich in einer bestimmten Zeit fortbewegt hat, wird an einem feststehenden Zeiger abgelesen. Nach dem Sekundenzeiger einer Uhr steckt man den Dreispitz zu

[1]) Weiteres beachtenswertes Material über Starkstromblitzableiter siehe ETZ 1896, S. 533; 1897, S. 274; 1898, S. 33.

Anfang einer Minute in die Welle ein und nimmt ihn genau am Ende derselben heraus. Dreht sich die Welle so rasch, dass das Zahnrad in der genannten Zeit mehrere Umläufe macht, so muss dafür gesorgt sein, dass auch die Zahl der ganzen Umläufe erkennbar wird. Dies geschieht gewöhnlich dadurch, dass dicht hinter dem genannten Schneckenrade ein zweites angebracht ist, das einen Zahn weniger besitzt und durch die nämliche Schnecke umgedreht wird. Auf der Achse dieses zweiten Rades sitzt ein kleiner Zeiger, der sich ebenfalls vor dem vorderen Rade befindet und vor einer zweiten, auf diesem angebrachten Teilung sich bewegt. Bei jeder vollen Umdrehung des vorderen Rades geht dieser Zeiger um einen Teilstrich weiter. Der Fig. 516 abgebildete Apparat besitzt diese Einrichtung.

Eine vollkommenere Form des Tourenzählers (Fig. 517) enthält in einer Kapsel ein Zählwerk. Die Achse des Apparates wird, wie die des vorigen,

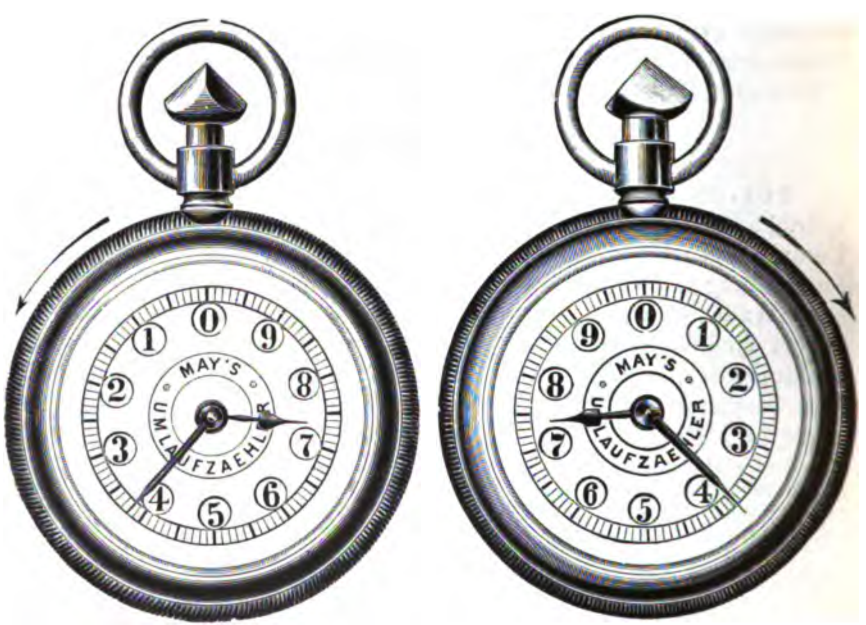


Fig. 518.

mittels Körnerspitze mit der zu messenden Welle gekuppelt. Die Kapsel enthält mehrere kleine Walzen, von denen jede die Zahlen 0, 1, 2, . . . 9 auf ihrem Umfange trägt, sowie verschiedene Zahnräder. Dreht sich die Achse des Instrumentes einmal, so springt die erste Walze um $^1/_{10}$ ihres Umfanges, also um eine Ziffer weiter. Jedesmal, wenn sie eine ganze Umdrehung gemacht hat, springt die folgende Trommel um eine Ziffer u. s. f. Jede folgende Walze dreht sich bei 10maligem Umgange der vorhergehenden einmal. Jede der Trommeln befindet sich unter einem Loch der Kapsel, durch welches immer nur eine Ziffer sichtbar wird. Man liest so an der einen Öffnung die ganzen Umdrehungen (die Einer) ab, an der folgenden die Zehner, an der nächsten die Hunderter usw. Der Apparat wird nach der Uhr eine oder mehrere Minuten lang mit der betreffenden Welle laufen gelassen, und die Zahlen, welche er vor- und nachher anzeigt, werden notiert. Ihre Differenz gibt die Anzahl Touren, welche die Welle in der betreffenden Zeit gemacht hat.

Mays Umlaufzähler (von Dr. Oskar May, Frankfurt a. M.) hat die Form und ungefähre Grösse einer Taschenuhr. Die mit Dreispitz versehene

Drehachse ragt innerhalb des Ringbügels hervor. Wird sie, nachdem der Bügel zur Seite gedreht ist, in das Körnerloch einer umlaufenden Welle gesteckt, so setzen sich die beiden Zeiger über dem mit den Ziffern 0, 1, 2, . . . 9 versehenen und in 100 Teile geteilten Zifferblatte in Bewegung (Fig. 518). Der grössere Zeiger gibt die Einer und Zehner, der kleinere, der sich 10 mal langsamer dreht, die Hunderter der Umläufe an. Der Apparat wäre in der abgebildeten Gestalt nur dann zu gebrauchen, wenn die zu zählenden Umdrehungen immer in einem bestimmten Sinne erfolgten, da anderenfalls die Zeiger sich nach abnehmenden Ziffern bewegen würden. Er ist jedoch ohne weiteres auch für Umdrehungen im entgegengesetzten Sinne benutzbar, da in diesem Falle an Stelle der in der linken Abbildung sichtbaren Ziffernfolge die umgekehrte, entgegen der Drehung des Uhrzeigers, selbsttätig tritt, wie an der rechten Abbildung zu sehen. Es sitzen nämlich zwei Ziffernreihen am Rande einer Scheibe, die beim Wechsel der Drehrichtung selbsttätig um eine Ziffernbreite verstellt wird, sodass entweder die Zahlen der einen, oder die der anderen Reihe unter den Löchern der Deckplatte sichtbar werden.



Fig. 519. Fig. 520.

Die bis jetzt beschriebenen Instrumente liefern, bei genügender Übung in der Handhabung, die gewünschte Tourenzahl bequem bis auf 1 % genau. Doch ist dazu immerhin ein 1 Minute langes Anhalten an die Welle mit darauf folgender kurzer Rechnung erforderlich. Auch werden Schwankungen der Umdrehungszahl, welche innerhalb der genannten Zeit erfolgen, dabei nicht ermittelt.

Will man das letztere erreichen und insbesondere die Tourenzahl jederzeit rasch und ohne Rechnung ablesen können, so bedient man sich eines sogen. Tachometers. Man erreicht mittels dieses Apparates allerdings nicht ganz den Grad der Genauigkeit der Messung, welcher mit den oben genannten Instrumenten, insbesondere bei einer mehrere Minuten dauernden Einschaltung, erzielt wird. Doch genügt ein gutes Tachometer meist den Anforderungen, welche die Praxis in dieser Beziehung stellt.

In den Fig. 519 und 520 sind zwei in Deutschland fabrizierte Tachometer in der äusseren Ansicht abgebildet: dasjenige von Buss, Sombart & Co., fabriziert von J. Bundschuh in Magdeburg, und das von Dr. Th. Horn in Leipzig. Die Wirkung beider Instrumente beruht darauf, dass an der Achse

des Apparates ein sogenanntes Zentrifugal- oder Schwungpendel angebracht ist, dessen bewegliche Massen sich bei raschem Umlaufe der Drehachse durch

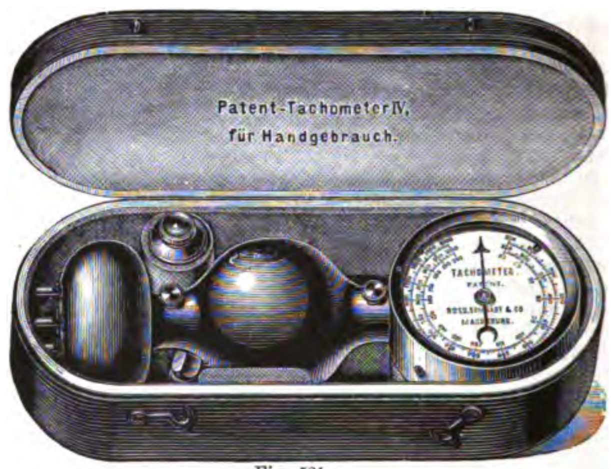


Fig. 521.

Zentrifugalkraft von derselben zu entfernen suchen. Eine oder mehrere Spiralfedern sind bestrebt, die Schwungmassen in einem bestimmten Abstande von der Achse (in der Ruhelage) festzuhalten. Die mehr oder weniger rasche Drehung der Achse hat infolgedessen, wegen der Bewegung der Massen von derselben weg, eine mehr oder weniger starke Anspannung der genannten Federn, die als Gegenkraft dient, zur Folge. Die Bewegung der Schwungmassen von der Achse weg wird durch geeignete Zwischenglieder auf einen Zeiger übertragen, der vor einer Kreisteilung spielt, ähnlich wie die Änderung der Stellung der beweglichen Massen eines Dampfmaschinenregulators zur Verstellung eines Ventiles oder Schiebers verwendet wird. Je rascher die Achse sich dreht, desto grösser wird der Ausschlag der Schwungmassen, desto grösser also auch der des Zeigers. Durch sorgfältige Vergleichung mit einem Tourenzähler sind die Umdrehungszahlen ermittelt, welche den verschiedenen Stellungen des Zeigers entsprechen, und auf der Teilung angeschrieben. Der Apparat gestattet also eine unmittelbare Ablesung der Tourenzahl. Ausser in der oben abgebildeten liegenden Form stellen die genannten Firmen ihre Tachometer auch mit aufrecht stehender Achse her.

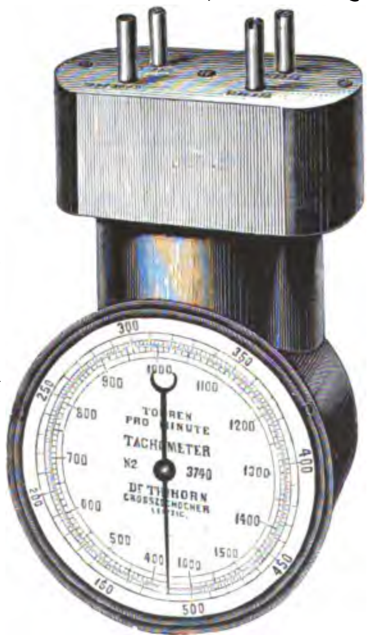


Fig. 522.

Die bis jetzt genannten Tachometerformen sind zur dauernden Einschaltung an einer bestimmten Welle eingerichtet. Sie werden entweder an einem Ende der Welle direkt mit derselben gekuppelt, oder aber durch Riemenübertragung

damit verbunden. Im letzteren Falle ist dafür Sorge zu tragen, dass die Tachometerachse genau dieselbe Umdrehungszahl besitze wie die Welle. Es werden für diesen Zweck genaue Anweisungen den Instrumenten beigegeben.

In vielen Fällen ist es zweckmässiger, ein Tachometer zu besitzen, welches an jede beliebige Welle vorübergehend angesetzt und wieder weggenommen werden kann und dabei für einen grossen Bereich der Tourenzahl ausreicht. Diesem Zwecke dienen die sogenannten Handtachometer, welche in der Konstruktion der inneren Teile mit den vorgenannten Apparaten übereinstimmen und nur in kleineren Dimensionen ausgeführt sind. Die Achse derselben wird mittels Dreispitzes, der in das Körnerloch der betreffenden Welle eingedrückt wird, von dieser mitgenommen. Für den Fall, dass die Tourenzahl der letzteren oberhalb oder unterhalb des Bereiches liegt, welcher mit Hülfe der Hauptachse des Instrumentes gemessen werden kann, sind noch einige weitere Achsen angebracht. Diese sind durch Zahnradübersetzungen von verschiedenem Betrage mit der Hauptachse so verbunden, dass die letztere entweder langsamer oder schneller läuft als die bezügliche Nebenachse. Dementsprechend ist unter dem Zeiger für jede der vorhandenen Achsen eine besondere Teilung angebracht. Die Handtachometer von Buss, Sombart & Co., ausgeführt von Bundschuh, (Fig. 521, das Instrument ist im Etui liegend abgebildet) besitzen entweder drei Achsen, von denen die mittlere (Hauptachse) für Tourenzahlen von 250 bis 1000 in der Minute, die beiden Nebenachsen für die Bereiche 50 bis 200 und 500 bis 2000 ausreichen, oder aber vier Achsen für die Beträge 25 bis 100, 75 bis 300, 250 bis 1000, 750 bis 3000. Die Hauptachse des Dr. Hornschen Handtachometers (Fig. 522) umfasst den Bereich von 400 bis 1600 Touren; die drei Nebenachsen sind für die Beträge 40 bis 160, 125 bis 500 und 1250 bis 5000 bestimmt. Die Zahnradübersetzungen von den Nebenachsen auf die Hauptachse sind bei diesen Instrumenten innerhalb des Apparatgehäuses untergebracht.

Mit Hülfe eines Handtachometers ist man imstande, die Tourenzahl einer Welle innerhalb weniger Sekunden zu ermitteln, doch ist beim Gebrauche dieses Instrumentes einige Vorsicht erforderlich. Die mit dem Dreispitz versehene Achse darf nicht mit heftigem Rucke in das Körnerloch der Welle eingestossen werden, und ferner hat man sich vorher zu überzeugen, ob der Dreispitz nicht auf einer für geringere Umdrehungszahlen, als diejenige der zu messenden Welle ist, bestimmten Achse sitzt, da anderenfalls der Mechanismus des Apparates beschädigt werden kann. Ist die zu messende Tourenzahl auch nicht annähernd bekannt, so benutzt man allemal zuerst die für die höchsten Werte bestimmte Achse.

Für gewisse Zwecke ist an dem Zeigerwerk eines fest aufgestellten Tachometers eine Kontaktvorrichtung angebracht, durch welche eine elektrische Klingel in Tätigkeit versetzt wird, sobald die Tourenzahl der bezüglichen Welle einen bestimmten Betrag überschreitet (sogen. Alarmtachometer). Endlich kann man auch den Verlauf der Umdrehungszahl einer Maschine während einer längeren Zeit selbsttätig registrieren lassen, um Schwankungen nachzuweisen. Die hierzu dienenden Tachographen sind nichts als eine Kombination eines der oben beschriebenen Tachometer mit einem Uhrwerk, welches einen Papierstreifen mit gleichmässiger Geschwindigkeit an einem Schreibstift vorbeizieht. Der letztere bewegt sich senkrecht zur Richtung des Streifens nach oben oder unten, sobald die Tourenzahl zu- oder abnimmt.

Derartige kompliziertere und dementsprechend teuere Apparate sind in Anlagen für elektrische Beleuchtung meist entbehrlich. In grösseren Betrieben dieser Art kommt man mit einem Tachometer, in kleinen, einfachen Anlagen mit einem gewöhnlichen Tourenzähler aus.

Die Messungen.

162. Allgemeines. Ausser der ständigen Kontrolle der Spannung und eventuell der Stromstärke werden im elektrischen Beleuchtungsbetriebe zeitweise auch eingehendere Messungen erforderlich. Ins-

besondere sind solche bei einer neu eingerichteten Anlage vorzunehmen, bevor sie in regelmässigen Betrieb genommen wird.

Man lässt in diesem Falle die Dynamomaschinen zunächst längere Zeit leer laufen, um zu sehen, ob die Lager sich nicht erwärmen, und belastet sie sodann allmählich bis zum Höchstbetrage der Stromstärke. Mit letzterem setzt man den Versuch reichlich so lange fort, als die Maschine im späteren Betriebe täglich voraussichtlich laufen wird. Tourenzahl, Spannung und Stromstärke werden während des Versuches häufig abgelesen, auch die mit der Zeit eintretende Erwärmung der Dynamomaschine und anderer Teile beobachtet. Gleichzeitig wird die Betriebsmaschine einer sorgfältigen Prüfung unterworfen. Ausser dieser Dauerbeanspruchung mit dem Maximalstrome ist noch ein weiterer Versuch erforderlich, bei welchem die Belastung, durch Änderung der eingeschalteten Lampenzahl, in weiten Grenzen variiert wird. Dabei werden die Schwankungen der Spannung (bezw. der Stromstärke, bei Serienschaltung der Lampen) bei jeder Änderung der Belastung beobachtet, sowie der Betrag des Spannungsabfalles, welcher eintritt, wenn die Maschine bei gleichbleibender Tourenzahl vom Leerlaufe bis zum zulässigen Maximum belastet wird. Man konstatiert ferner den Betrag der Verstellung an den Reguliervorrichtungen, durch welchen im letzteren Falle die Leerlaufspannung wiederhergestellt wird. Endlich werden auch die etwaigen vorübergehenden und dauernden Änderungen der Tourenzahl gemessen.[1])

Im Falle ein Westonsches oder ähnliches zuverlässiges Instrument zur Verfügung steht, kann dasselbe zur Kontrolle der Richtigkeit der Angaben des Spannungsmessers dienen.

Ist eine Akkumulatoren-Batterie vorhanden, so ermittelt man die Kapazität und den Wirkungsgrad derselben durch Vornahme mehrerer normaler Ladungen und Entladungen. Es sind mindestens zwei Entladungen mit dazwischenliegender Ladung erforderlich. Ausserdem achtet man darauf, ob sämtliche Elemente sich in gleichmässig gutem Zustande befinden, was sich durch Beobachten derselben gegen Ende der Ladung ergibt (vergl. **76**).

Messungen der Widerstände der Leitungen, Dynamomaschinen und Apparate haben im allgemeinen wenig Zweck, sind auch meist nicht bequem mit Sicherheit auszuführen, wegen der kleinen Beträge, um welche es sich, wenigstens bei Parallelschaltungsanlagen, handelt. Eher empfiehlt es sich, den Spannungsverlust, welcher bei vollem Strome bis zu den einzelnen Verbrauchsstellen statthat, zu konstatieren

---

[1]) Wie die hier nur kurz skizzierten Messungen an der Dynamomaschine im einzelnen zweckmässig ausgeführt werden, vergl. die »Maschinen-Normalien« des »Verbandes deutscher Elektrotechniker«, ETZ 1901, S. 798 und die Erläuterungen dazu von Dettmar, ebenda S. 499.

dadurch, dass man an letzteren und an der Stromquelle gleichzeitig die Spannung mittels vorher verglichener Instrumente abliest.

163. Isolationsmessung. Vorschriften über die Höhe der Isolation. Mit die wichtigste Messung bei Prüfung einer Neuanlage ist die sogenannte Isolationsmessung, d. h. die Bestimmung des Widerstandes, welcher zwischen dem metallischen Stromkreise und der Erde besteht, sowie auch des Widerstandes zwischen der positiven und der negativen Leitung (beim Dreileitersystem zwischen den drei Leitungssträngen), wenn die Leitungen auf ihrer ganzen Ausdehnung durch Herausnehmen der Lampen voneinander getrennt sind. Man misst damit also den Widerstand, welchen die verschiedenen vorhandenen Isolationsmittel in ihrer Gesamtheit dem Strome bieten. Je höher dieser Widerstand ausfällt, desto vollkommener ist die Isolation. Die Isolationswiderstände sind bei gut ausgeführten Anlagen ausserordentlich viel grösser als der Leitungswiderstand des gesamten Stromkreises bei Einschaltung aller Lampen. Doch ist klar, dass der Isolationswiderstand in dem Masse abnimmt, in welchem die Ausdehnung des Leitungsnetzes einer Anlage wächst, weil damit die Metalloberfläche der Leitungen, von welcher aus durch die Isolierhülle hindurch die Ableitung der Elektricität erfolgt, zunimmt. Wenn auch die isolierende Hülle meist nur mit einem Teile ihrer Oberfläche mit der Erde, den Wänden u. s. w. in Berührung ist, so nimmt doch die Zahl der Berührungspunkte mit der verlegten Leitungslänge zu; bei blanken Leitungen wächst die Zahl der als Stützpunkte dienenden Isolatoren. Auch die Anzahl der eingeschalteten Lampen und Apparate, wie Ausschalter, Sicherungen u. s. w., an welchen ebenfalls Ableitung stattfindet, wird etwa im Verhältnis zur verlegten Leitungslänge steigen. Man kann somit von einer Anlage mit ausgedehntem Leitungsnetze nicht denselben hohen Isolationswiderstand verlangen wie von einer kleinen Anlage. Es müssen sich vielmehr die Isolationen verschiedener, aber aus gleichem Material hergestellter Leitungsnetze ungefähr umgekehrt wie die verlegten Leitungslängen verhalten. Der Isolationswiderstand einer Leitungshälfte gegen die ihr parallel laufende andere Hälfte (z. B. der positiven Leitung gegen die negative) muss im allgemeinen höher ausfallen als derjenige der einen Hälfte gegen Erde, weil der Strom beim Übergange von der einen Leitung zu der von ihr isolierten anderen die Isoliermittel der beiden Teile nacheinander zu durchsetzen hat, beim Abfliessen zur Erde dagegen nur diejenigen der betreffenden Hälfte allein.

Die Höhe der Isolation muss weiter auch nach der Spannung eingerichtet werden, mit welcher die Anlage betrieben wird. Je höher diese Spannung, desto grösser muss der Isolationswiderstand sein, wenn der durch Ableitung eintretende Stromverlust keine Betriebs-

störungen verursachen soll. Den beiden genannten Umständen trägt die Forderung Rechnung, welche die vom elektrotechnischen Vereine in Wien schon vor Jahren erlassenen[1]) Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen in dieser Beziehung stellen. Darnach soll der Isolationswiderstand eines Leitungsnetzes gegen Erde, sowie derjenige zwischen den 2 (bezw. 3) Hauptsträngen mindestens

$$5000 \frac{E}{J} \text{ Ohm}$$

betragen, wo E die vorkommende höchste Spannungsdifferenz, J die Maximalstromstärke bedeutet. Die Stromstärke wächst aber bei Anlagen für Parallelschaltung mit der Ausdehnung des Leitungsnetzes, resp. dem Anwachsen der Lampenzahl.

Darnach ergibt sich für den Isolationswiderstand einer Glühlichtanlage von 150 parallel geschalteten Lampen, zu je 110 Volt bei 0,50 Ampère, ein Mindestbetrag von

$$5000 \frac{110}{75} = \text{rund } 7300 \text{ Ohm.}$$

Die Leitung einer Bogenlichtanlage für reine Serienschaltung von 16 Lampen zu je 10 Ampère muss einen Isolationswiderstand von mindestens

$$5000 \frac{800}{10} = 400000 \text{ Ohm}$$

aufweisen.

Die schon wiederholt genannten »Sicherheitsvorschriften« des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« verlangen einen solchen Isolationszustand der Anlage, dass der Stromverlust auf jeder Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen oder hinter der letzten Sicherung bei der Betriebsspannung ein Milliampère (Tausendel Ampère) nicht überschreitet.

Bezeichnet man den genannten Stromverlust mit i, den Isolationswiderstand der betreffenden Leitungsstrecke mit W, die Betriebsspannung mit E, so ist nach dem Ohmschen Gesetze $i = \frac{E}{W}$, woraus $W = \frac{E}{i}$, also nach obiger Vorschrift $W = \frac{E}{0{,}001} = 1000\, E$, in Worten: der Betrag des Isolationswiderstandes einer derartigen Leitungsstrecke soll mindestens gleich 1000 Ohm multipliziert mit der Betriebsspannung sein. Bei 110 Volt also mindestens 110000 Ohm, bei 220 Volt mindestens 220000 Ohm.

---

[1]) Die neuerdings zeitgemäss revidierten Sicherheitsvorschriften des genannten Vereins sind abgedruckt ETZ 1899, S. 460.

Diese Vorschriften gelten nur für solche Anlagen, in welchen die Spannungsdifferenz zwischen irgend zwei Leitungen 250 Volt nicht übersteigt.

Zahlreiche Elektricitätswerke, insbesondere solche in grösseren Städten, besitzen noch ihre eigenen Vorschriften über die Isolation der an sie anzuschliessenden Hausanlagen. Diese Sondervorschriften, welche zum Teil keineswegs miteinander übereinstimmen, dürften allmählich durch diejenigen des »Verbandes Deutscher Elektrotechniker« ersetzt werden.

Die bei Isolationsmessungen zu bestimmenden Widerstandswerte sind, wie schon aus dem Vorstehenden erhellt, ziemlich hoch, bei gutem Zustande der Leitungen selten unter einigen tausend Ohm und können, wenn es sich um die Untersuchung einzelner Leitungsstücke, von Dynamomaschinen u. s. w. handelt, mehrere Millionen Ohm betragen. Die Messmethode und die Hülfsmittel müssen demzufolge so gewählt sein, dass sie derartig hohe Beträge gut zu messen gestatten. Doch ist zu betonen, dass eine grosse Genauigkeit von Isolationsmessungen niemals verlangt wird. Meistens genügt es schon, festzustellen, ob der betreffende Widerstand nicht unterhalb einer vorgeschriebenen Grenze liegt. Genauer als auf etwa 10% zu messen, dürfte kaum je gefordert werden, schon um deswillen nicht, weil die Widerstände von Isoliermaterialien [1]) mit der Temperatur sehr stark schwanken, ungleich mehr als diejenigen der Metalle. Und zwar findet mit steigender Temperatur eine Abnahme, mit sinkender eine Zunahme des Isolationswiderstandes statt. In den bis jetzt erlassenen Vorschriften über die zulässigen Beträge von Isolationswiderständen findet sich merkwürdiger Weise dieser Umstand gar nicht berücksichtigt. Und doch vermag eine Änderung der Temperatur von einigen Graden den Isolationswiderstand einer Leitung ganz wohl um 100% zu verändern. Auch die Luftfeuchtigkeit kann die Isolation beeinflussen, am meisten bei Luftleitungen, welche an Porzellanglocken im Freien geführt sind, jedoch auch diejenige von Innenleitungen, deren Isolierhülle durch Tränken mit Harzen, Wachs, Asphalt u. dergl. doch nicht vollkommen wasserdicht wird.

Beträge des Isolationswiderstandes, wie sie durch die genannten Vorschriften verlangt werden, lassen sich bei elektrischen Verbrauchsanlagen, welche neu hergestellt werden, unschwer erzielen. Doch pflegt die Isolation auf die Dauer nicht auf solcher Höhe zu bleiben,

---

[1]) Streng genommen kann man von einem »Widerstand« der Isoliermaterialien, die ja keine Leiter der Elektricität im gewöhnlichen Sinne, sondern sogenannte Diëlektrika sind, überhaupt nicht reden. Vergl. in dieser Beziehung Frölich, »Elektricität und Magnetismus«, 2. Aufl., S. 22 und 347.

sondern sinkt, selbst wenn die Anlage keine eigentlich feuchten Räume enthält und direkte Ableitungen zur Erde nicht eintreten, infolge verschiedener Einflüsse allmählich ganz erheblich unter den anfänglichen Wert.

164. Methode der Isolationsmessung. Die zur Messung von Isolationswiderständen gewöhnlich angewendete Methode, die sogen. Substitutionsmethode, erfordert ein Galvanometer, eine Batterie und einen bekannten Rheostatenwiderstand. Als Galvanometer kann z. B. ein Galvanoskop von grosser Windungszahl mit einfacher Gradteilung dienen.

Bei der Messung bildet man zunächst aus der Batterie B (Fig. 523), dem Galvanometer G und dem bekannten Widerstande R einen einfachen Stromkreis. Der Ausschlag am Galvanometer betrage n_1 Teilstriche. Er soll, wenn ein einfaches Galvanoskop mit Gradteilung benutzt wird, nicht über etwa 30°

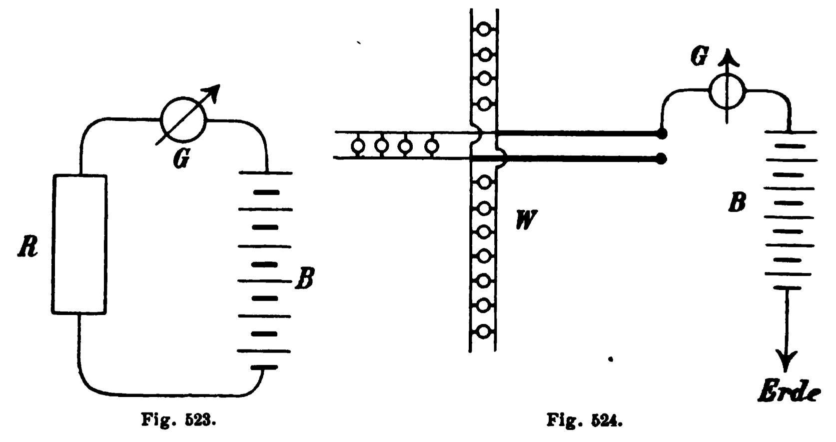


Fig. 523. Fig. 524.

betragen. Anderenfalls nimmt man für diesen Versuch nur einen Teil der Batterie, eventuell nur ein einziges Element, oder man bringt, durch Anlegen eines Nebenschlusses an das Galvanometer, dessen Empfindlichkeit auf einen bekannten, geringeren Betrag, z. B. auf ein Zehntel. Für den hier verlangten Grad der Genauigkeit kann man annehmen, dass von 0 bis 30° der Ausschlag am Galvanometer der Stromstärke annähernd proportional sei.[1] Bezeichnet g den Widerstand des Galvanoskops und vernachlässigt man den inneren Widerstand der Batterie (der im allgemeinen gegen R genügend klein ist), so ist $R + g$ der Widerstand des ganzen Stromkreises. In diesem erzeugt die EMK der Batterie eine Stromstärke, für die der Ausschlag von n_1 Teilstrichen ein Mass bildet. Um mit derselben Batterie einen Ausschlag von nur 1 Teilstrich zu erhalten, müsste der Gesamtwiderstand offenbar n_1 mal grösser sein, also $n_1 \times (R + g)$ Ohm betragen. Diese Zahl $n_1 (R + g)$ drückt den Widerstandswert eines Skalenteiles bei der benutzten EMK aus.

Nachdem man so das Galvanometer »geaicht« hat, schaltet man den Widerstand R aus und ersetzt ihn durch den zu bestimmenden Isolationswiderstand W. Ist z. B. die Isolation einer verzweigten Leitung gegen Erde zu messen, so verbindet man, wie Fig. 524 zeigt, die eine Klemme des Galvanometers mit dieser Leitung, nachdem diese zuvor von der Dynamomaschine oder sonstigen Strom-

[1]) Weniger praktisch ist es, grössere Ausschläge zuzulassen, für die die Proportionalität nicht mehr besteht, und die Kurve der Empfindlichkeit des Galvanometers zu Hülfe zu nehmen.

quelle getrennt worden ist, und legt den nicht mit dem Galvanometer verbundenen Pol der Batterie an eine geeignete Erdleitung, deren Widerstand vernachlässigt werden kann (Wasserleitung, Gasleitung, Erdleitung eines Blitzableiters). Soll dagegen der Isolationswiderstand zweier Leitungshälften gegeneinander ermittelt werden, so legt man das Ende der einen an die freie Klemme des Galvanometers, das der anderen an den freien Pol der Batterie, d. h. also an die Klemmen, zwischen welchen vorher R sass. Alle Verbindungen zwischen beiden Leitungsteilen, durch Lampen oder dergleichen, müssen in diesem Falle selbstverständlich weggenommen sein. Ist nun n_2 der Ausschlag, welchen das Galvanometer bei Einschaltung des zu bestimmenden Isolationswiderstandes W, unter Anwendung derselben Batterie, wie oben, zeigt, so muss W n_2 mal kleiner als der Widerstandswert eines Teilstriches $n_1 (R + g)$ sein, also

$$W = \frac{n_1 (R + g)}{n_2}.$$

Dabei ist allerdings der auch bei der zweiten Messung im Stromkreise befindliche Galvanometerwiderstand vernachlässigt worden. Dies ist zulässig, solange der zu messende Isolationswiderstand gross genug ist.

Nachdem durch die zuerst beschriebene Messung der Widerstandswert eines Skalenteiles einmal festgestellt ist, kann man eine ganze Anzahl von Isolationswiderständen nacheinander bestimmen. Man findet jeden derselben, indem man den zu Anfang ermittelten Widerstandswert eines Skalenteiles durch den bezüglichen Ausschlag dividiert.

Ist das Galvanometer so empfindlich, dass man bei der Aichung mit Hülfe des Widerstandes R, um keinen zu grossen Ausschlag zu bekommen, nur einen Teil der Batterie verwenden kann, so ist die Rechnung danach abzuändern. Besteht die ganze Batterie aus a Elementen und wurde bei Anwendung von nur 1 Element der Widerstandswert eines Teilstriches zu $n_1 (R + g)$ gefunden, so ist er bei der vollen Batterie $a \cdot n_1 (R + g)$, vorausgesetzt, dass alle Elemente gleiche EMK besitzen. Letzteres dürfte im allgemeinen der Fall sein, doch kann man sich auch leicht davon überzeugen, indem man die Aichung mehrmals wiederholt und jedesmal ein anderes Element dazu nimmt. Falls von den vorhandenen a Elementen b Stück (in Hintereinanderschaltung) zur Aichung benutzt worden sind, so ist der Widerstandswert eines Skalenteiles für die volle Batterie:

$$\frac{a}{b} n_1 (R + g).$$

Hat man zur Aichung des Galvanometers zwar die volle Batterie verwendet, die Empfindlichkeit des Galvanometers jedoch, durch Anlegen eines Nebenschlusses an dasselbe, auf $\frac{1}{s}$ herabgedrückt, so ist, wenn in diesem Falle für den Widerstandswert eines Teilstriches $n_1 (R + g)$ erhalten wurde, dieser für das Galvanometer ohne Nebenschluss $s \cdot n_1 (R + g)$.

Stets wird aber die zu bestimmende Isolation gefunden durch Division des Widerstandswertes eines Teilstriches durch den Ausschlag, der sich bei Einschaltung des Isolationswiderstandes ergab.

165. Beispiele. 1. Die Aichung geschehe mit der vollen Batterie, ohne Anwendung eines Nebenschlusses am Galvanometer. Es sei $R = 100\,000$ Ohm, $g = 200$ Ohm, $n_1 = 18$ Teilstriche. Darnach ist der Widerstandswert eines Teilstriches

$$18\,(100\,000 + 200) = \text{rund } 1\,800\,000 \text{ Ohm}.$$

Bei Einschalten des Isolationswiderstandes habe sich ein Ausschlag n_2 von 27 Teilstrichen ergeben. Dann ist der gesuchte Isolationswiderstand

$$W = \frac{1\,800\,000}{27} = 67\,000 \text{ Ohm}.$$

2. Die Batterie bestehe aus 80 Elementen. Zur Aichung seien nur 2 davon benutzt worden.

$R = 50000$ Ohm, $g = 1000$ Ohm, $n_1 = 22$ Teilstriche. Also der Widerstandswert eines Teilstriches bei Anwendung der vollen Batterie:

$$\frac{80}{2}\, 22\, (50000 + 1000) = 44900000 \text{ Ohm.}$$

Die zu prüfende Isolation W habe bei voller Batterie 30,5 Skalenteile Ausschlag (n_2) geliefert. Dann ist

$$W = \frac{44900000}{30{,}5} = 1470000 \text{ Ohm.}$$

3. Zur Aichung dient die volle Batterie, während das Galvanometer einen Nebenschluss erhält, der die Empfindlichkeit auf $\frac{1}{10}$ reduziert. Dabei sei $R = 10000$, der Widerstand des mit dem Nebenschluss versehenen Galvanometers 12 Ohm, sodass derselbe bei der Berechnung vernachlässigt werden kann. Der Ausschlag bei der Aichung n_1 möge sich zu 8 Teilstrichen ergeben. Darnach der Widerstandswert eines Skalenteiles bei ungeschwächter Empfindlichkeit:

$$10 \times 8 \times 10000 = 800000 \text{ Ohm.}$$

Ist dann $n_2 = 25$ Teilstriche, so folgt

$$W = \frac{800000}{25} = 32000 \text{ Ohm.}$$

4. Bei Anwendung derselben Hülfsmittel wie im Beispiel 3 ergebe ein anderer Isolationswiderstand einen Ausschlag von beträchtlich mehr als 30 Teilstrichen. Es muss deswegen auch in diesem Falle der die Empfindlichkeit auf den zehnten Teil herabdrückende Nebenschluss angewendet werden. Nunmehr betrage der Ausschlag 14 Teilstriche. Dann ist

$$W = \frac{800000}{10 \times 14} = \text{rund } 5700 \text{ Ohm.}$$

Wäre auch bei Anlegung des Nebenschlusses der Ausschlag noch zu gross gewesen, so hätte sich derselbe durch Verminderung der Batterie auf 1 Element noch weiter verkleinern lassen.

Da die Messbatterie transportabel sein soll, so verwendet man zweckmässig gute Trockenelemente. Diese können ziemlich klein sein, da sie nur sehr geringe Ströme zu liefern haben. Elemente von 10 *cm* Höhe, deren Querschnitt ein Quadrat von 4 *cm* Seitenlänge ist, reichen völlig aus Sind die Elemente in Zinkbüchsen enthalten, welche zugleich als Elektroden dienen, so müssen sie durch Einhüllen in Papier oder sonstwie voneinander isoliert sein. Gute Trockenelemente besitzen zu Anfang eine EMK von etwa 1,4 Volt, eine Batterie von z. B. 80 Elementen also 112 Volt. Da die EMK derselben infolge Austrocknens u. s. w. langsam abnimmt, so muss an jedem Tage, an welchem man Isolationsmessungen ausführen will, der Widerstandswert eines Teilstriches durch Aichen mit Hülfe des bekannten Widerstandes neu bestimmt werden. Doch verhalten sich Elemente verschiedener Fabriken in dieser Beziehung sehr verschieden. Nur solche von möglichst konstanter EMK sollten verwendet werden.

Bei Messung von Isolationswiderständen, insbesondere von Isolationen gegen Erde, muss wegen der hohen Beträge, die diese Widerstände meistens haben, sorgfältig darauf geachtet werden, dass nicht durch mangelhafte Isolation von Teilen der Messeinrichtung selbst das Resultat entstellt wird. Ist die Schaltung so ausgeführt, wie Fig. 524 zeigt, wobei das Galvanometer zwischen Batterie und der zu prüfenden Leitung sich befindet, so muss das Galvanometer von Erde gut isoliert sein (z. B. durch Untersetzen kleiner Hartgummischeiben unter die Fusschrauben). Das Gleiche gilt von der Zuleitung vom Galvanometer zu dem zu messenden Widerstande. Man führt die letztere am besten frei durch die Luft, sodass sie andere Gegenstände nicht berührt. Stromschlüssel oder dergleichen bringt man am besten zwischen Batterie und Galvanometer an, da für diesen Teil des Stromweges, sowie für die Batterie eine so sorgfältige Isolation nicht erforderlich ist. Soll der Isolationswiderstand gemessen werden,

welchen zwei Leitungen gegeneinander besitzen, so müssen die hierzu erforderlichen Verbindungsdrähte ebenfalls sorgfältigst voneinander isoliert sein, am besten so, dass man sie einander (und die Erde) nirgends berühren lässt. Ist die Isolierung dieser Drähte jedoch aus Guttapercha oder Kautschuk hergestellt, so sind Berührungen weniger bedenklich.

Als elektromotorische Kraft für die Messbatterie würden, bei genügend empfindlichem Galvanometer (z. B. 1^0 Ausschlag für 1 Milliontel Ampère) 10 Volt genügen, um alle in Beleuchtungsanlagen gewöhnlicher Art vorkommenden Beträge von Isolationswiderständen zu messen. Indessen schreibt man mit Recht vor, dass wirkliche Isolationsmessungen in elektrischen Anlagen mit der Betriebsspannung vorgenommen werden sollen, sodass die EMK der Messbatterie bei Untersuchung einer Anlage für 100 bis 110 Volt ebenfalls 100 bis 110 Volt, bei einer Anlage für 65 Volt etwa 65 Volt betragen soll. (Enthält die Anlage einen Akkumulator, so wird am bequemsten dieser als Messbatterie benutzt, nachdem man seine Verbindungen mit den übrigen Teilen der Anlage gelöst hat.) Der Grund obiger Vorschrift ist, dass bei Messung mit höherer Spannung der Isolationswiderstand unter Umständen kleiner ausfällt als bei geringerer Spannung. Im Falle einzelne Abteilungsstellen zur Erde oder zwischen zwei Leitungshälften vorliegen, deren Widerstand nahe der zulässigen Grenze liegt, so ist Gefahr vorhanden, dass dieser durch die Wirkung einer höheren Spannung wesentlich kleiner wird, als ihn z. B. eine Messung mit etwa 10 Volt ergibt. Die isolierende Schicht ist an derartigen Stellen entweder sehr dünn, oder durch Feuchtigkeit schwach leitend gemacht, und die Erfahrung hat gezeigt, dass ihr Widerstand bei der höheren Spannung, welche im Betriebe vorhanden ist, bedeutend sinken, ja unter dem Einflusse dieser Spannung dauernd geringer werden kann, bis sich ein regelrechter Erd- oder Nebenschluss ausgebildet hat.

Die Messung der Isolation von Leitungen mit der Betriebsspannung lässt sich heutzutage sehr bequem mit Hülfe der transportablen Präzisions-Voltmeter von Weston, Siemens & Halske u. a. ausführen, welche selbst einen verhältnismässig hohen Widerstand (mindestens 15 000 Ohm bei einem Messbereiche bis 150 Volt) besitzen. Die bezügliche Messmethode ist zuerst von Uppenborn angegeben worden. Als Stromquelle benutzt man die vorhandene Dynamomaschine oder Akkumulatoren-Batterie, oder aber eine besondere Messbatterie. Man bestimmt zunächst deren EMK E dadurch, dass man ihre beiden Pole mit den Klemmen des Voltmeters verbindet, dessen Widerstand g bekannt ist. Alsdann legt man, bei Isolationsmessung gegen Erde, einen Pol der Stromquelle an Erde, den anderen an die eine Klemme des Messinstrumentes, dessen andere Klemme mit der zu untersuchenden Leitung verbunden wird. Letztere hat man selbstverständlich zuvor von der Stromquelle abzutrennen. Liest man jetzt eine Spannung von K Volt ab (die kleiner als E ist), so ist der gesuchte Isolationswiderstand

$$W = \left(\frac{E}{K} - 1\right) g.$$

Dieser Ausdruck ergibt sich daraus, dass sich verhält $K : E = g : g + W$. Ist die Isolation zweier Leitungen gegeneinander zu prüfen, so tritt an Stelle der Erdverbindung diejenige mit der zweiten Leitung.

Siemens & Halske führen ihr Fig. 485 abgebildetes Präzisionsinstrument auch eigens für die vorstehend beschriebene Messmethode aus. Es erhält einen Widerstand von genau 30 000 Ohm und kann für Spannungen bis 150 Volt benutzt werden. (Näheres vergl. ETZ 1897, S. 200.)

166. Apparate zur Isolationsprüfung. Zur Ausführung von Isolationsmessungen bei der Abnahme oder Untersuchung elektrischer Anlagen nach der vorbeschriebenen Methode sind geeignete Messeinrichtungen mehrfach angegeben worden. Diese enthalten ein empfindliches Nadelgalvanometer, das eventuell mit Nebenschlüssen versehen

ist, einen oder zwei Aichwiderstände, einen Stromschlüssel, sowie eine Trockenbatterie für 100 oder 200 Volt, alles in einem Transportkasten vereinigt. Wir nennen solche Messvorrichtungen von Hartmann & Braun,[1]) vom Verfasser[2]) und von Siemens & Halske.[3]) Beschreibungen dieser für den gewöhnlichen Betrieb einer elektrischen Beleuchtungsanlage nicht erforderlichen Apparate sollen hier nicht gegeben werden.

Während der Ausführung elektrischer Starkstromanlagen sind ebenfalls des öfteren Isolationsprüfungen vorzunehmen, durch die sich der Monteur von dem tadellosen Zustande der bereits ausgeführten Teile der Anlage überzeugt. Hierfür genügen einfachere Mittel als die zu eigentlichen Isolationsmessungen erforderlichen, da gewöhnlich nur festzustellen ist, ob die zu prüfende Isolation oberhalb einer gewissen Grenze liege. Ein hierzu bestimmter Apparat soll möglichst einfach in der Form und Handhabung sein. Er muss seine eigene Stromquelle besitzen, da in dem angegebenen Falle die Dynamomaschine meistens noch nicht betriebsfähig ist.

Fig. 525 zeigt den für Monteure bestimmten Isolationsprüfer der »Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft«. Ein mit Tragriemen versehenes Kästchen enthält eine Batterie von einigen Elementen. Unter dem Glasdeckel befindet sich ein Galvanoskop mit Gradteilung, das mit zwei Wickelungen von verschiedener Windungszahl versehen ist. Auf der einen Seite des Kästchens ragt eine Klemmschraube, auf der anderen deren zwei, mit A und B bezeichnet, hervor. Zwischen die unbezeichnete Klemme und Klemme A ist die eine, verhältnismässig wenige Windungen enthaltende Galvanoskopwickelung geschaltet; zwischen der unbezeichneten Klemme und Klemme B befinden sich beide Wickelungen in Serienschaltung. Im letzteren Falle erhält man, weil die zweite Wickelung weit mehr Windungen besitzt als die erstere, für gleiche Stromstärken beträchtlich grössere Ausschläge als bei Benutzung der ersten Wickelung allein. Zwei neben dem Galvanoskop angebrachte Tabellen enthalten die den einzelnen Ausschlägen, bei Benutzung der beigegebenen Batterie, entsprechenden Widerstände. Die Zahlen dieser Tabellen sind durch Aichung mittels bekannter Widerstände, die von Zeit zu Zeit wiederholt werden muss, gefunden. Die eine Tabelle ist mit A, die andere mit B bezeichnet. Sie gelten, je nachdem man den zu prüfenden Isolationswiderstand zwischen Klemme A oder Klemme B und die gemeinsame, unbezeichnete Klemme schaltet. Der Messbereich dieses Apparates erstreckt sich von etwa 500 bis etwa 500000 Ohm. Er wird noch in mehreren



Fig. 525.

[1]) Bruger, ETZ 1891, S. 191.
[2]) Heim, ETZ 1894, S. 62.
[3]) Siemens & Halske, ETZ 1897, S. 199 und 1900, S. 894.

anderen Typen hergestellt, welche grössere Isolationswiderstände zu messen gestatten.

Ein Isolationsprüfer von Siemens & Halske (Fig. 526) besitzt als Stromquelle eine kleine magnetelektrische Maschine (Magnetinduktor), welche gleichgerichteten Strom liefert. Diese befindet sich ständig in einem Kasten, unter dessen Deckel ein Galvanoskop angebracht ist, dessen Nadel und Skale durch eine Glasscheibe von aussen sichtbar ist. Zwischen die beiden Klemmen des Apparates wird der zu prüfende Isolationswiderstand eingeschaltet und die Kurbel des Induktors gedreht. An der Teilung des Galvanoskops können die den Ausschlägen entsprechenden Widerstände direkt abgelesen werden. Doch gibt diese Ablesung nur bei einem bestimmten Betrage der EMK der Stromquelle die wirklichen Werte. Da nun die EMK des Magnetinduktors von der Geschwindigkeit abhängt, mit welcher dessen Anker gedreht wird, so muss diese Drehungsgeschwindigkeit bei allen Messungen einen bestimmten Wert haben. Die Aichung des Apparates gilt für die Tourenzahl des Ankers, welche bei 3 Umdrehungen der Kurbel in der Sekunde erreicht wird. Das Galvanoskop zeigt in diesem Falle einen merklichen Ausschlag erst dann, wenn der zu messende Widerstand kleiner als 40000 Ohm ist.


Fig. 526.

Noch einfacher sind derartige Instrumente mit Klingel statt des Galvanoskops. Dreht man die Kurbel des Induktors in bestimmtem Tempo, so ertönt die Klingel, wenn der eingeschaltete Widerstand unter einer bestimmten Grenze (z. B. 20000 Ohm) liegt.

167. Soll eine fertige Beleuchtungsanlage auf Isolation untersucht werden, so kann man zunächst den Isolationswiderstand des aus Dynamomaschine, Schalt- und Messapparaten und Leitungen nebst Lampen bestehenden Stromkreises als Ganzes gegen Erde messen. Dabei müssen die Verbindungen mit einem etwa vorhandenen Akkumulator abgenommen sein. Zweckmässiger ist es jedoch, jeden der genannten Hauptteile getrennt zu prüfen.

Dynamomaschinen untersucht man zunächst auf Erdschluss, dann aber auch auf sogen. Gestell- oder Körperschluss, d. h. darauf, ob zwischen den dem Stromkreise angehörenden Teilen und dem Eisengestell der Maschine leitende Verbindung besteht. Unter Umständen wird auch die Bestimmung der Isolation zwischen den einzelnen Lamellen des Stromgebers bei abgenommenen Verbindungen mit den Ankerspulen erforderlich. Die Isolation der Maschine kann als befriedigend angesehen werden, wenn der Widerstand zwischen den stromführenden Teilen und dem Gestell über 100000 Ohm liegt, vorausgesetzt, dass die Maschine nicht über 250 Volt Spannung liefert. Isolationsmessungen an Dynamomaschinen sollen jedoch nur dann ausgeführt werden, wenn die Maschinen so warm sind, als sie bei andauerndem vollen Betriebe werden, da der Isolationswiderstand im warmen Zustande sehr beträchtlich (10 mal und mehr) kleiner ist als bei gewöhnlicher Temperatur.

Eine Akkumulatoren-Batterie ist nur auf Erdschluss zu prüfen. Ein solcher wird, wenn die Batterie längere Zeit im Betriebe

ist, stets bis zu einem gewissen Grade vorhanden sein, da der nicht zu vermeidende Säuredunst die Gefässe und Isolatoren mit einer feuchten Schicht überzieht.[1]) Die Pole der Batterie nimmt man vor der Messung von den übrigen Teilen des Stromkreises los. Im Falle ein Element eine besonders starke Ableitung zur Erde besitzt, lässt sich die Stellung dieses Elementes in der Batterie ungefähr ermitteln, indem man ein Galvanoskop, dem ein genügend grosser Widerstand vorgeschaltet ist, mit der einen Klemme an Erde legt und die andere Klemme erst mit dem einen, dann mit dem anderen Pole der Batterie verbindet. Das abgeleitete Element befindet sich demjenigen Ende der Batterie näher, an welchem man den kleineren Ausschlag erhält. Hält man den Verbindungsdraht dann successive an ein Element nach dem anderen, so wird das fehlerhafte Element daran erkannt, dass zu beiden Seiten desselben die Ausschläge nach verschiedener Richtung gehen.

Die Prüfung der Isolation der auf der Schalttafel (vergl. **168**) vereinigten Mess-, Regulier- und Schaltvorrichtungen dürfte sich meistens ziemlich rasch erledigen. Die von der Stromquelle bezw. den Stromquellen kommenden Zuführungen werden dabei mit untersucht. Es handelt sich einerseits um Messung des Widerstandes gegen Erde, anderseits um Messung der Isolation zwischen den mit den beiden Polen der Stromquelle verbundenen Teilen gegeneinander. Die Verbindungen mit den Verbrauchsleitungen sind dabei gelöst, ebenso die den Strom zuführenden Leitungen von den Polen der Dynamomaschinen bezw. Akkumulatoren abgenommen. Ergibt sich ein Isolationsfehler, so ist der Sitz desselben bald zu ermitteln, da die einzelnen Apparate gewöhnlich nur mittels leicht lösbarer Schraubenverbindungen in den Stromkreis eingeschaltet sind.

Die meiste Zeit erfordert gewöhnlich die Untersuchung der Leitungen, insbesondere wenn es sich bei Anlagen für Parallelschaltung um ein vielverzweigtes Netz handelt. Man prüft zunächst, während sämtliche Lampen eingeschaltet, alle Ausschalter geschlossen und alle Sicherungen eingesetzt sind, die Isolation der Leitungen als Ganzes gegen Erde. Liegt der gefundene Widerstandswert oberhalb der mit Rücksicht auf die Ausdehnung der Anlage und die Betriebsspannung festzustellenden Grenze, so ist, wenn es sich um eine Anlage für reine Serienschaltung handelt, die Prüfung beendet. Bei Parallelschaltungsanlagen hat man ferner den zwischen der positiven und der negativen Leitung bestehenden Isolationswiderstand zu messen. Zu diesem Zwecke müssen sämtliche Glühlampen aus ihren Fassungen

---

[1]) Wie man in dem Falle, dass mehrere Zellen störenden Erdschluss besitzen, diesen durch Strommessung finden kann, vergl. Liebenow, ETZ 1899, S. 360.

herausgenommen und aus sämtlichen Bogenlampen die Kohlenstifte entfernt werden, sodass zwischen den beiden Leitungshälften in der ganzen Anlage jede Verbindung unterbrochen ist. Die Ausschalter und Sicherungen bleiben geschlossen. Ergibt sich auch dann hinreichende Isolation, so sind noch die einzelnen von der Schalttafel abgehenden Hauptleitungen jede für sich in der gleichen Weise zu prüfen, wie vorher mit dem ganzen Netze geschehen, da ein Isolationsfehler in einer solchen bei der Prüfung der Gesamtanlage nicht unbedingt hervortritt.

Im Falle bei der Prüfung auf Erdschluss ein zu kleiner Wert des Isolationswiderstandes gefunden wird, muss die Fehlerstelle aufgesucht werden. Dies darf nicht planlos durch Probieren geschehen, sondern möglichst rationell, um schnell zum Ziele zu kommen. Man schliesst den Ort des Fehlers in immer engere Grenzen ein. Handelt es sich um eine Serienanlage, so trennt man die Leitung bei der mittelsten Lampe und prüft jeden der so entstandenen Teile für sich. Der fehlerhafte wird in derselben Weise durch Zerlegen in Unterabteilungen abgesucht. Ob die Ableitung in einer Leitungsstrecke oder an einer der Lampen liegt, ergibt sich dabei sehr bald. Zeigt ein Leitungsnetz für Parallelschaltung der Lampen Erdschluss, so wird zunächst festgestellt, in welchem der vom Schaltbrette ab getrennt geführten Stromkreise der Fehler liegt. Dann wird der fehlerhafte Teil durch Öffnen der Ausschalter und, wo solche fehlen, durch Herausnahme der Schmelzstücke der Bleisicherungen in eine mässige Anzahl grösserer Teilstrecken zerlegt. Die besten Dienste leisten dabei, wie schon wiederholt hervorgehoben, die Ausschalter und Sicherungen zweipoliger Konstruktion, da sie völlige Trennung der einzelnen Strecken ermöglichen. Durch fortgesetztes Zerlegen in Unterabteilungen wird schliesslich der Fehler auf ein kleines Gebiet eingeschränkt. Dieses zerlegt man dann durch Herausnehmen der Lampen nochmals in zwei Teile und findet so die Stelle der Ableitung in kurzer Zeit. Bei diesem Absuchen leistet ein möglichst einfacher, leicht transportabler und keine zeitraubende Einstellung erfordernder Prüfapparat (wie z. B. der Fig. 525 abgebildete) die besten Dienste. Sind, wie bei manchen älteren Anlagen, nur einpolige Ausschalter und Sicherungen vorhanden, so sitzen diese, wie früher erwähnt, entweder nur in der positiven oder nur in der negativen Leitung. Hierdurch und durch das in diesem Falle erforderliche Herausnehmen aller Lampen wird die Zerlegung in Teilstrecken ermöglicht, doch gelingt es hier im allgemeinen nicht so schnell, die Fehlerstelle auf ein kleines Gebiet abzugrenzen, wie bei den mit zweipoligen Apparaten ausgerüsteten Anlagen.

Leitende Verbindungen zwischen der positiven und negativen Leitung, die nicht gleichzeitig auch Erdschlüsse sind, also durch die

zuerst vorzunehmende Erdschlussprüfung nicht gefunden werden, kommen seltener vor. Meistens dürfte es sich dabei um metallische Verbindungen oder direkte Berührung zwischen Leitungsteilen handeln. Die Aufsuchung geschieht, wie bei den Erdableitungen, durch fortgesetztes Zerlegen des Netzes in Teilstrecken und Einzelprüfung der letzteren.

Über die Möglichkeit, Isolationsfehler in elektrischen Anlagen während des Betriebes aufzufinden, vergl. die Arbeiten von Kallmann (ETZ 1893—1898), Bruger, ETZ 1901, Seite 901, sowie O. Frölich, Isolations- und Fehlerbestimmungen. Halle 1895,

Die Schalttafel.

168. Die Verbindungen der Stromquelle mit den Hauptleitungen, welche zu den Stromverbrauchsstellen führen, finden sich bei elektrischen Beleuchtungsanlagen gewöhnlich alle zusammen an einer Stelle vereinigt, auf der sogen. Schalttafel. Auf dieser werden gleichzeitig die Messapparate für Strom und Spannung angebracht, die Nebenschlussregulatoren der Dynamomaschinen, sowie etwaige sonstige Regulierwiderstände, die Hauptausschalter und Hauptsicherungen für die einzelnen Stromkreise, ausserdem die etwa vorhandenen Stromrichtungszeiger, selbsttätigen Ausschalter, Zellenschalter, Signalvorrichtungen, Einrichtungen zur Fernspannungs-Regulierung u. s. w. Das Schaltbrett gibt somit die Möglichkeit, vom Orte der Stromquelle aus die Leitungen nach Belieben mit Strom zu versehen oder auszuschalten, Spannung und Stromstärke zu regulieren und zu messen, etwa vorhandene Akkumulatoren auf Ladung oder Entladung zu schalten, überhaupt den Betrieb der Anlage zu dirigieren. Aus diesem Grunde muss die Schalttafel im Maschinenraume angebracht sein, sodass die mit der Bedienung derselben betraute Person jederzeit, insbesondere im Falle von Störungen, falschen Schaltungen u. s. w. sofort auch in den Maschinenbetrieb eingreifen kann. In kleineren Anlagen kann der Maschinist das Schaltbrett mitbesorgen. In grösseren Betrieben, wo mehrere Maschinen, eine grössere Anzahl von Stromkreisen und zahlreiche Apparate vorhanden sind, nimmt die Schalttafel entsprechend grosse Dimensionen an, sodass sie häufig eine ganze Wandfläche bedeckt (Apparatenwand).

Die an eine zweckmässig ausgeführte Schalttafel zu stellenden Anforderungen sind: leichte Übersichtlichkeit der einzelnen Teile bezüglich ihres Zweckes und ihrer Verbindung untereinander, mit der Stromquelle und den Leitungen; bequeme Handhabung der Ausschalter, Umschalter und Reguliervorrichtungen; leichte und bequeme Ablesbarkeit der Mess- und Kontrollinstrumente; vorzügliche Isolation aller

stromführenden Teile gegen Erde, sowie gegeneinander, soweit sie nicht miteinander verbunden sind. Ausserdem sei das Schaltbrett nicht zu weit von den Dynamo- und Betriebsmaschinen angebracht, sodass diese von dem ersteren aus gut zu übersehen sind und eine leichte Verständigung mit dem Maschinisten möglich ist. Bei kleineren Anlagen, die von einem einzigen Manne bedient werden, legt man die Schalttafel so nahe als möglich an die Maschinen heran. Endlich soll die Schalttafel, wenigstens solange der Betrieb dauert, hell beleuchtet sein.

Über die Teile einer Schalttafel im einzelnen lassen sich bestimmte Angaben nicht gut machen, da diese bei jeder Anlage durch deren Sonderverhältnisse bedingt sind. Es sollen deswegen hier nur einige allgemeine Bemerkungen folgen.

169. Die Grundplatte der Schalttafel besteht heutzutage meistens aus Marmor, seltener aus Schiefer. Bei kleinen Anlagen verwendet man eine einzige Platte mit oder ohne Holzrahmen, bei grossen setzt man sie aus einzelnen Tafeln zusammen, die von einem Gerüste aus Holz oder Eisen getragen werden. Auf derartigen Schalttafeln, deren Material sowohl isolierend als feuersicher ist, können die Apparate und sonstigen stromführenden Teile ohne weiteres befestigt werden. Verwendet man dagegen Holztafeln, was zur Zeit allerdings kaum mehr vorkommt, so muss jeder Apparat seine eigene Grundplatte aus feuersicherer Substanz besitzen und Leitungen dürfen nur mittels Porzellanrollen oder dergl. darauf montiert werden.

Bei den normalen marmornen (oder event. schiefernen) Schalttafeln pflegt man die Verbindungen zwischen den Schalt-, Regulier- und Messapparaten jetzt fast immer auf der Rückseite anzubringen. Um die Verbindungsleitungen aber nicht an einer grossen Zahl von Stellen durch Löcher der Tafel hindurchführen und auf der Vorderseite an die Apparate anschliessen zu müssen, versieht man die letzteren meistens mit metallenen Anschlussbolzen, welche nach rückwärts die Tafel durchsetzen. Diese tragen am Ende ein Gewinde mit Mutter und Gegenmutter (Fig. 527), zwischen welche man die zu Ösen gebogenen oder mit Kabelschuhen versehenen Enden der Verbindungsleitungen festklemmt. Fig. 528 veranschaulicht den auf diese Art ausgeführten Anschluss eines einpoligen Schalthebels und zeigt zugleich, wie auch die von der Schalttafel wegführenden Leitungen mittels derartiger Bolzen angeschlossen werden können. Dadurch wird es möglich, die Tafel in der Fabrik fix und fertig auszuführen, sodass man sie an Ort und Stelle nur mit den Zuleitungen zu verbinden hat.

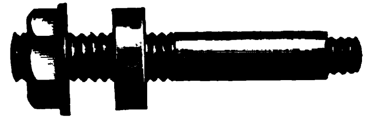


Fig. 527.

Die Ausführung der Verbindungen auf der Rückseite der Schalttafel muss mit der grössten Sorgfalt und Sauberkeit geschehen. Bei Tafeln für grosse Anlagen, wo Zellenschalterleitungen, Anschlüsse von Voltmeter-Umschaltern und viele Verbrauchsleitungen vorhanden sind, wird die Anzahl der auf der Hinterseite laufenden Drähte und Kabel häufig sehr gross. Umsomehr ist auf vorzügliche Isolation und zugleich Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit der einzelnen Leitungen Gewicht zu legen. Oft wird man dadurch genötigt, einen Teil der Leitungen nicht dicht auf der Hinterseite der Tafel, sondern in gewissem Abstande davon zu verlegen, den man mittels hoher Porzellanrollen oder durch eiserne Traversen, auf

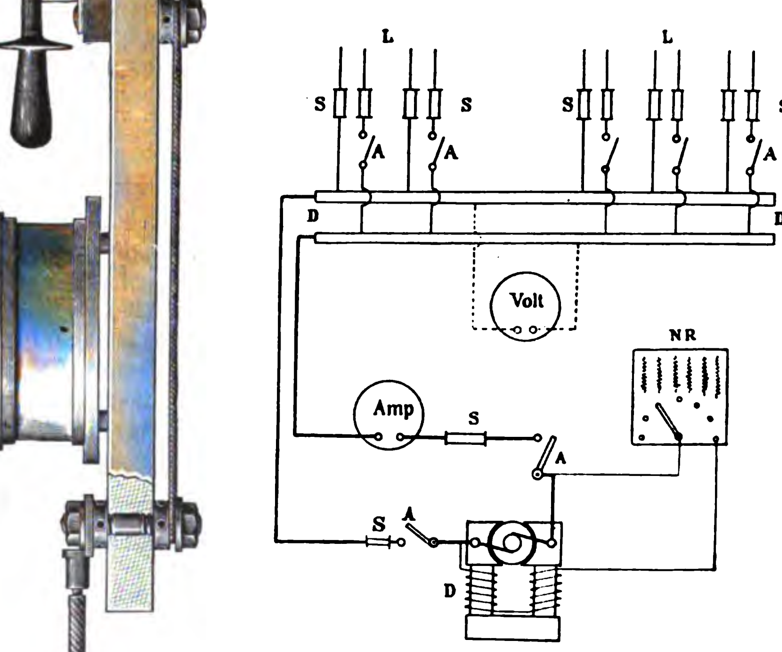


Fig. 528.

Fig. 529.

welche solche Rollen gesetzt werden, erzielt. Nicht selten wird sogar die hinter der Schalttafel liegende Wandfläche mit dazu benutzt.

Es ergibt sich aus dem vorstehenden von selbst, dass eine Schalttafel niemals unmittelbar an der Mauer anliegen darf. Bei ganz kleinen Tafeln lässt man mindestens eine Handbreit Zwischenraum. Bei

grösseren, mit zahlreichen Leitungen auf der Rückseite, ist es wünschenswert, dass letztere jederzeit bequem zugänglich bleibe. Das die Schalttafel tragende Gerüst wird in diesem Falle in etwa 1 *m* Abstand von der Wand freistehend montiert. Der Zwischenraum wird an beiden Seiten durch Bretter abgeschlossen und mit einer oder zwei Türen versehen.

Bei Schalttafeln der letztgenannten Art nutzt man häufig die ja doch zugängliche Hinterseite noch weiter aus, um die Tafel nicht zu gross und teuer werden zu lassen. Man verlegt nämlich einige Teile, die früher stets auf der Vorderseite angebracht wurden, an denen im normalen Betriebe der Anlage jedoch keine Verrichtungen auszuführen sind, nach hinten. Dies sind die Sammelschienen, die Sicherungen, sowie die eventuell vorhandenen Blitzschutzvorrichtungen. —

Welche Apparate auf einer Schalttafel zu vereinigen sind, lässt sich nicht allgemein angeben, da diese bei jeder Anlage durch deren Sonderverhältnisse bedingt sind. Nur auf zwei einfache, häufig vorkommende Fälle soll kurz eingegangen werden.

171. Enthält eine Parallelschaltungs-Anlage für reinen Maschinenbetrieb eine einzige Dynamomaschine, so werden auf der Schalttafel angebracht: eine Sicherung *HS* (Fig. 529; die Dynamomaschine *D* ist schematisch mit hinzugezeichnet) und ein Hauptausschalter *AA* für die Dynamomaschine, beide zweipolig; ferner ein Spannungsmesser, ein Strommesser, der Nebenschlussregulator *NR* für die Maschine, die Sammelschienen *DD* und die Sicherungen *S* und Ausschalter *A* für die von ihnen abzweigenden Verbrauchsleitungen *LL*. Hierzu kommen noch 1 bis 2 Glühlampen zur Beleuchtung der Tafel und event. ein einfacher in Fig. 529 nicht mit eingezeichneter Erdschlussprüfer.

Bei Parallelschaltungsanlagen grösseren Umfanges mit mehreren Dynamomaschinen, zahlreichen Verbrauchsstromkreisen, einer grösseren Anzahl von Messinstrumenten u. s. w. ist, wie schon erwähnt, möglichst übersichtliche Anordnung der Teile des Schaltbrettes geboten. Die zu jeder einzelnen Dynamomaschine gehörigen Apparate, wie Nebenschlussregulator, Sicherung, Hauptausschalter, Strommesser, event. Stromrichtungszeiger, selbsttätiger Ausschalter und Spannungsmesser, werden zu einer nahe zusammenliegenden Gruppe vereinigt. Die einzelnen Gruppen dieser Art trennt man gewöhnlich in senkrechter Richtung durch einen kleinen Zwischenraum voneinander.

Einzelne Apparate, welche nach Belieben für jede der Maschinen oder für jeden der Hauptkreise benutzt werden können (z. B. Spannungsmesser, Erdschlussprüfer) und dementsprechend mit einem Umschalter versehen sind, müssen an dem letzteren deutliche Bezeichnungen tragen, welche die jeweilige Verbindung des Apparates erkennen

lassen. Ebenso bringt man an jeder der vom Schaltbrette abgehenden Hauptleitungen, am besten an dem zugehörigen Ausschalter, ein Schildchen an, welches den Teil der Anlage bezeichnet, welchen die betreffende Leitung mit Strom versorgt. Im Falle die Dynamomaschinen nicht jede ihre bestimmten Stromkreise betreiben, sondern zur Parallelschaltung auf das ganze Leitungsnetz bestimmt sind, sind für die ganze Schalttafel nur zwei Haupt-Sammelschienen vorhanden, mit welchen die einzelnen Dynamomaschinen nach Bedürfnis verbunden werden. Diese Schienen stellt man gewöhnlich aus Kupfer von rechteckigem Querschnitte her.

Abbildungen grösserer Schalttafeln in Schema oder Ansicht, für kompliziertere Fälle des reinen Maschinenbetriebes, sollen hier nicht mitgeteilt werden. Die Anordnung im einzelnen ist, insbesondere bei grösseren Anlagen, doch gewöhnlich von Fall zu Fall verschieden, und in der Grundlage ergeben sich die Schaltungen aus dem in diesem und in früheren Abschnitten Ausgeführten von selbst. Dass Bogenlichtkreise in Anlagen, welche Glühlampen enthalten, gewöhnlich vom Schaltbrette aus getrennt geführt werden, ist bereits früher erwähnt und begründet worden. Welche besonderen Einrichtungen für den Fall, dass mehrere Dynamomaschinen in Parallelschaltung den Strom liefern sollen, zur Verhütung allzu hoher Belastung einzelner Maschinen zu treffen sind, findet sich im nächsten Abschnitte (VI) ausgeführt.

172. Im Falle eine Anlage neben der Dynamomaschine einen Akkumulator enthält, wird die Anzahl der erforderlichen, auf dem Schaltbrette zu vereinigenden Apparate und Leitungen grösser als beim reinen Maschinenbetriebe. Wird der Betrieb von vornherein mit Akkumulator eingerichtet, so werden sämtliche Apparate auf einer und derselben Tafel montiert. Wenn jedoch, wie es häufig vorkommt, einer nur für Maschinenbetrieb gebauten Anlage später eine Akkumulatorenbatterie hinzugefügt wird, so bringt man neben dem Maschinenschaltbrette ein zweites an, das die hinzukommenden, durch den Sammlerbetrieb bedingten Vorrichtungen enthält. Zwischen beiden Schaltbrettern sind dann nur einige wenige Verbindungen herzustellen.

In den früher (in **70** bis **72**, Fig. 162 bis 164) gegebenen Schaltungsskizzen für Akkumulatorenbetrieb sind nur die wesentlichsten Teile eingezeichnet, dagegen einzelne Apparate, wie Spannungsmesser nebst Umschalter, Strommesser, Stromrichtungszeiger, Sicherungen und selbsttätige Ausschalter weggelassen. In Fig. 530 ist diejenige Schaltung, welche heutzutage weitaus am meisten beim Akkumulatorenbetriebe angewendet wird, abgebildet. Es ist die reine Parallelschaltung von Batterie und Dynamomaschine unter Anwendung eines Doppelzellenschalters. Die sämtlichen hierbei erforderlichen Apparate

sind eingezeichnet. *M* bedeutet die Akkumulatorenbatterie, *ZZ* den Doppelzellenschalter, *U* den sogen. Lade-Umschalter, *SA* einen selbsttätigen Minimal-Ausschalter, *VU* den Voltmeter-Umschalter, *RZ* den Stromrichtungszeiger. Die Bedeutung der übrigen Buchstaben ist die nämliche wie in Fig. 529.

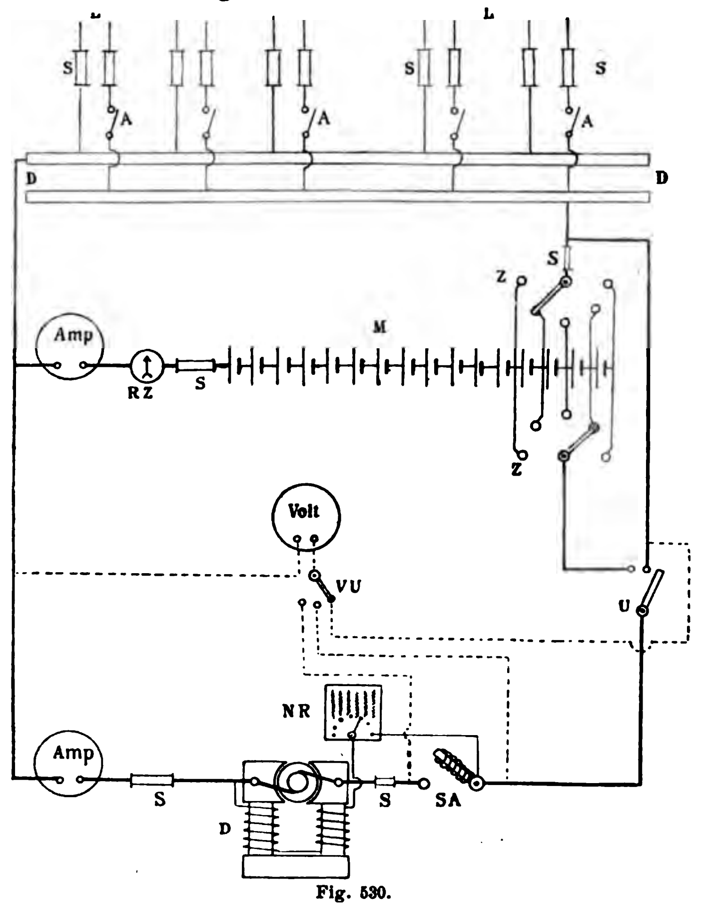


Fig. 530.

Nach der eben beschriebenen Abbildung lassen sich ähnliche vollständige Schaltungsskizzen auch für die unter **70** und **72** erläuterten Einrichtungen des Akkumulatorenbetriebes ohne Mühe angeben, sodass hier davon abgesehen werden kann. Eine vollständige Sammlung der sämtlichen, auch seltener vorkommenden Schaltungen für den Sammlerbetrieb mit allen zugehörigen Apparaten enthält das schon erwähnte »Schaltungsbuch« der »Akkumulatoren-Fabrik, Akt.-Ges.,« Hagen 1893.

173. Bei Betrieb einer Anlage mit reiner Serienschaltung der Lampen wird die Einrichtung des Schaltbrettes meist einfacher als beim Parallelbetriebe. Ist nur eine Dynamomaschine vorhanden, welche eine Anzahl hintereinander geschalteter Bogenlampen speist, so ist ein Hauptausschalter, eine zweipolige Bleisicherung und ein Strommesser erforderlich, unter Umständen auch noch ein Ersatzwiderstand für eine oder mehrere Bogenlampen und ein Blitzableiter. Eine Vorrichtung zum Kurzschliessen der Magnetwickelung der Dynamomaschine, falls diese eine Serienmaschine ist, um sie ohne Öffnen des Ausschalters stromlos zu machen, ist am einfachsten an der Maschine selbst angebracht. Wenn die Anlage mehrere Lichtmaschinen enthält, von denen jede eine Serie Bogenlampen speist, so ist für jeden dieser Stromkreise der vorgenannte Apparatsatz erforderlich. Gewöhnlich fügt man dann noch einen Umschalter der in **141** (Fig. 386 und 387) beschriebenen Art hinzu, welcher jede Dynamomaschine nach Belieben auf jeden der vorhandenen Stromkreise zu schalten gestattet, insbesondere wenn nicht alle Kreise stets in Betrieb zu sein brauchen. Werden mehrere Stromkreise der genannten Art durch eine einzige Dynamomaschine parallel gespeist (gemischte Schaltung, vergl. **111**), so fällt der Umschalter weg, im übrigen wird am Schaltbrette nichts geändert.

Bei Glühlampenbetrieb in Serienschaltung (**108**) fallen auch noch die Ersatzwiderstände weg, bei Einrichtung der Betriebsmaschine mit dem von Bernstein vorgeschlagenen elektrischen Regulator (**109**) eventuell auch die Schmelzsicherungen.

174. Was die äussere Ausführung der Schalttafeln betrifft, so ist man, und zwar ganz mit Recht, bestrebt, dieselbe sauber, ja elegant zu gestalten. Da das Schaltbrett vorwiegend Apparate enthält, die in sorgfältiger Präzisionsarbeit ausgeführt sind oder doch sein sollen und die eine wesentliche Abnutzung nicht erleiden, so werden auch die übrigen Teile, insbesondere die Verbindungsstücke und die vom Schaltbrette ausgehenden Leitungen sauber und exakt ausgeführt und montiert. Ferner gibt man der als Grundplatte dienenden Tafel eine geschmackvoll profilierte Umrahmung, oft auch einen entsprechenden Zieraufsatz. Die Anordnung der Apparate und übrigen Teile auf dieser Tafel gestaltet man nach Möglichkeit symmetrisch, soweit die natürlich in erster Linie massgebende Rücksicht auf die Zweckmässigkeit für den Gebrauch es zulässt, und fügt zur Beleuchtung des ganzen Glühlampen an hübschen Wandarmen nach Bedürfnis hinzu.

Wenn auch nicht geleugnet werden soll, dass in neuerer Zeit in kostbarer Ausstattung von Schalttafeln hier und da vielleicht zu viel getan wird, so ist doch zuzugeben, dass gerade hier neben der Rück-

sicht auf sachgemässe Ausführung nicht bloss diejenige auf billigen Preis in erster Linie stehen sollte. Ein sauber ausgeführtes und geschmackvoll ausgestattetes Schaltbrett bildet eine Zierde für den Maschinenraum und trägt mit dazu bei, den Maschinisten zur sorgfältigen Wartung der ihm anvertrauten Teile der Anlage anzuspornen.

Zum Schlusse sei noch darauf hingewiesen, dass für die auf Schalttafeln zu verwendenden Apparate, sowie für die sonst vorkommenden Ausschalter und Sicherungen einheitliche Dimensionen der Schrauben und Kontaktflächen für die verschiedenen Abstufungen der Stromstärke durch Beschluss des »Verbandes deutscher Elektrotechniker« für Deutschland in Vorschlag gebracht sind, und dass mehrere Firmen darnach fabrizieren. Die bezüglichen Festsetzungen sind abgedruckt »ETZ« 1895, S. 593.[1])

175. Verteilungstafeln. Wie in **144** erläutert, pflegt man heutzutage in Parallelschaltungsanlagen ganz allgemein die Sicherungen an einer Anzahl bestimmter Stellen zu zentralisieren. Die auf diese Weise an einem Orte vereinigten Sicherungen werden auf einer sogen. Verteilungstafel angebracht, nebst den ebenda etwa erforderlichen Ausschaltern. Doch braucht eine solche Tafel nicht notwendig Ausschalter zu enthalten. Die Verteilungstafel muss bezüglich Isolation und Feuersicherheit denselben Anforderungen genügen, wie eine Schalttafel und wird daher aus Marmor oder Schiefer ausgeführt. Da sie aber häufig an Stellen angebracht wird, welche dem Publikum zugänglich sind, so schliesst man sie, um die Berührung stromführender Teile durch Menschen zu verhindern, gewöhnlich in einen Holzkasten mit Klappdeckel oder Glastür ein.

Die Verteilungstafel enthält Sammelschienen für die Zuleitung und für jede von dieser abgezweigte Leitung eine zweipolige Sicherung, ausserdem, wie erwähnt, auch manchmal Ausschalter, gewöhnlich in Dosenform, für einzelne dieser Leitungen. Die Grösse der Tafel richtet sich natürlich nach der Anzahl der darauf anzubringenden Apparate. Für geringere Beträge der letzteren werden sie von manchen Fabriken auf Vorrat angefertigt.

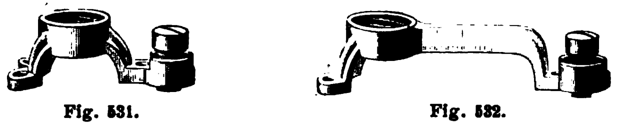


Fig. 531. Fig. 532.

Um an Verbindungsstücken zu sparen, verwendet man häufig sogen. Brückensicherungen, welche gestatten, Sicherungsstöpsel unmittelbar auf die Sammelschienen aufzusetzen. Sie haben zugleich den Vorzug leichter Übersichtlichkeit. Fig. 531 zeigt eine kurze,

[1]) Vergl. hierüber auch G. Troll, ETZ 1897, S. 701.

Fig. 532 eine lange Abzweigbrücke. Die erstere überbrückt eine, die letztere beide Sammelschienen. Jede enthält ein Edisongewinde, das genau über eine Sammelschiene zu stehen kommt. Zur Verbindung von Brücke und Schiene wird in dieses Gewindestück ein

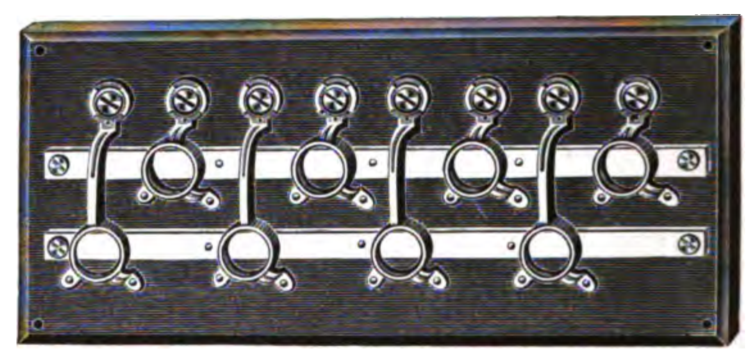


Fig. 533

Sicherungsstöpsel so tief eingeschraubt, dass er mit seiner unteren Kontaktplatte sich fest auf die Schiene aufpresst. Die mit Schraubklemmen versehenen Enden beider Brücken liegen auf einer und der-

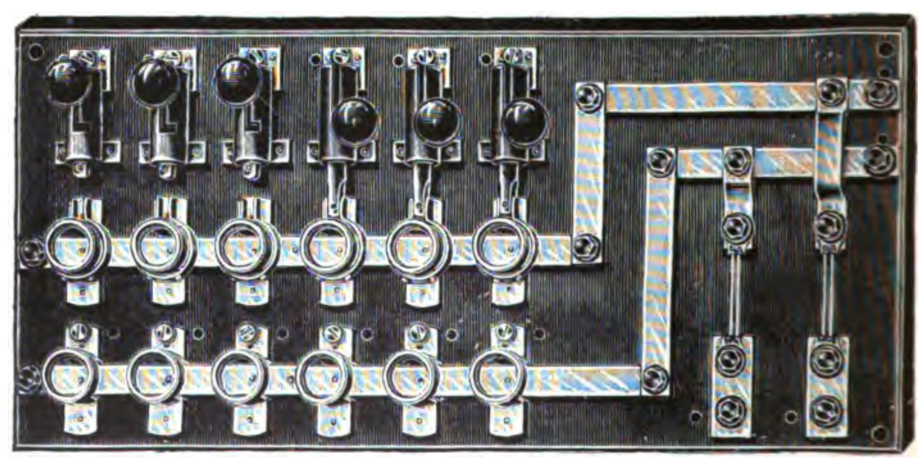


Fig. 534.

selben Seite der Schienen und gestatten einen bequemen Anschluss der Abzweigleitungen. Fig. 533 zeigt eine mit derartigen Abzweigbrücken versehene Verteilungstafel von S. Bergmann & Co.[1]) für

[1]) Ein ganz einfacher sogen. Verteilungskasten derselben Firma, aus Papiermasse mit Porzellaneinsatz bestehend, wurde schon Fig. 293, S. 343 abgebildet.

vier abzweigende Leitungen. Die Sammelschienen besitzen an beiden Enden Klemmschrauben für den Anschluss der Hauptleitung. Eine grössere Verteilungstafel der »Allg. Elektr.-Gesellschaft« ist Fig. 534 abgebildet. Sie ermöglicht von den Sammelschienen durch Brückensicherungen sechs mit Bajonettausschaltern versehene Leitungen für schwächere Ströme, sowie durch eine offene, ebenfalls zweipolige Silberdrahtsicherung eine Leitung für grössere Stromstärke abzuzweigen. Die Abzweigbrücken sind hier kleiner und einfacher als bei Fig. 533; dafür müssen aber auch die an die unteren Brücken anzuschliessenden Drähte hinter der Tafel her und durch diese durchgeführt werden. Endlich zeigt Fig. 535 eine Tafel zur Abzweigung von drei Stromkreisen, die sämtlich mit Drehausschaltern versehen sind. Derartige Abzweigbrücken kommen häufig auch auf Hauptschalttafeln als Sicherungen für Verteilungsleitungen geringerer Stromstärke zur Verwendung.

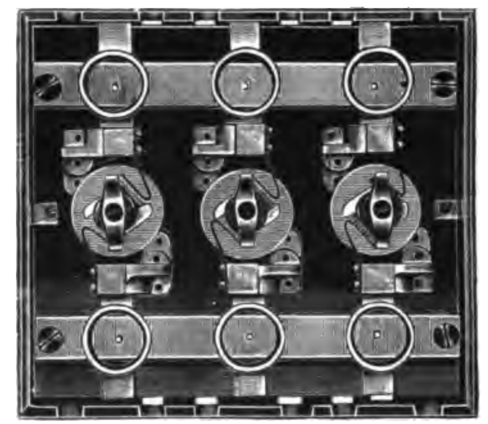


Fig. 535.

Die neueren Sicherungskonstruktionen verschiedener Firmen gestatten, Stromverteilungen für eine kleine Zahl von Abzweigleitungen ohne die Unterlage besonderer Tafeln herzustellen. Sie lassen sich ohne weiteres in passender Weise verbinden und die Verbindungsstücke halten die Teile zusammen. Bei derartigen Sicherungen von Siemens & Halske (Fig. 416 bis 418) wird das ganze auf einem gusseisernen Rahmen, bei der Konstruktion der Allg. Elektr.-Gesellschaft (Fig. 426 und 427) unmittelbar an den Leitungen auf eisernen Dübeln befestigt.

Zubehörteile.

176. Träger für Bogenlampen. Die Anbringung der elektrischen Lampen an Örtlichkeiten verschiedener Art macht, je nach der Besonderheit der letzteren, verschiedenartige Vorrichtungen zur Befestigung wie zum Schutze der Bogen- und Glühlampen erforderlich. Ganz abgesehen von der einfacheren oder reicheren Ausstattung der die Lampen enthaltenden Beleuchtungskörper, auf welche hier begreiflicher Weise nicht eingegangen wird, ist die Art, wie die Lampen aufgehängt oder sonst befestigt sind, verschieden, je nachdem die

letzteren im Freien oder in einem Innenraume sich befinden. Bei Innenbeleuchtung ist wieder zu unterscheiden, ob es sich um eine Halle, Saal u. dergl., oder um Wohn-, Wirtschafts- und Ladenräume, oder um Werkstätten, Lagerräume u. s. w. handelt. Einige hierher gehörige Einrichtungen sollen kurz besprochen werden.

Im Freien werden Bogen- und Glühlampen meist an freistehenden Pfosten oder Masten, oder an Wandarmen angebracht.

Die Masten für Bogenlampen sind aus hohlem Gusseisen, oder aus einem gitterartigen Gestänge, oder aus schmiedeeisernen oder stählernen Rohren, oder aus Holz hergestellt. Zur Aufnahme der Lampe besitzt der Mast am oberen Ende entweder einen kurzen seitlichen Arm (Ausleger), an welchem die Lampe aufgehängt wird, oder er trägt eine Laterne, in welche die Lampe eingesetzt ist. An Stelle der Glasglocke treten im letzteren Falle die Scheiben der Laterne, welche man mattiert oder aus gewelltem Glase herstellt oder, bei grosser Höhe des Mastes, ganz durchsichtig lässt. In beiden Fällen kann die Lampe bezw. Laterne zum Herablassen eingerichtet sein. Diese Anordnung ist derjenigen mit festgemachter Bogenlampe stets vorzuziehen, da sonst beim Einsetzen neuer Kohlen und bei jedem Nachsehen der Mast mittels einer Leiter erstiegen werden muss. Die Zuleitung des Stromes geschieht, wenn die Lampe zum Herablassen eingerichtet ist, mittels wohl isolierter und leicht biegsamer Kabel, welche in der halben Höhe des Mastes aus demselben heraustreten oder von zwei Glockenisolatoren abgehen und von da bis zur Lampe frei in Bogen hängen. Diese sind so lang, dass sie auch bei ganz herabgelassener Lampe noch nicht straff gespannt werden. Bei unterirdischer Führung der Leitung werden zwei Bleikabel in der Säule heraufgeführt bis zu der Stelle, an welcher die Zuführungskabel zur Lampe austreten. Die letzteren müssen, wie schon in **125** erwähnt, an der Austrittsstelle vor dem Durchscheuern geschützt, und ausserdem muss die Verbindungsstelle zwischen ihnen und den Bleikabeln sorgfältig isoliert und vor Feuchtigkeit bewahrt sein. Das zur Aufhängung dienende Drahtseil mit als Zuleitung zu benutzen, wie es nicht selten geschieht, ist nicht zu empfehlen. Ist die Laterne oder seitlich angehängte Bogenlampe nicht zum Herablassen eingerichtet, so kann die Zuleitung im Innern des Mastes und des Seitenarmes desselben bis zur Lampe geführt werden.

Fig. 536 zeigt einen gusseisernen Ständer, bei welchem die seitlich aufgehängte Lampe zum Herunterlassen eingerichtet ist, von Siemens & Halske. Die Zuleitung zu dem Maste geschieht unterirdisch. Das Aufzugsseil läuft im Inneren des Ständers, in dessen Fuss sich eine Aufzugswinde befindet. Die Zuführungskabel zur Lampe sind nicht gezeichnet. Einen kleineren Ständer zur festen Aufhängung der Bogenlampe von derselben Firma zeigt Fig. 537. Ein Gittermast für oberirdische Zuleitung aus schmiedeeisernem Gestänge ist in Fig. 538 abgebildet. Die an dem Ausleger seitlich aufgehängte Bogenlampe kann herabgelassen werden und ist durch das rechts unten sichtbare Gegengewicht äquilibriert. In der abgebildeten Form werden Masten von grosser Höhe von der »Maschinenfabrik Esslingen« ausgeführt. Damit die Laterne bei Wind nicht zu sehr schwanke, besitzt sie zwei seitliche Arme, die an zwei am Maste entlang gespannten Eisendrähten geführt werden. Holzmasten pflegt man zu verwenden, wenn die Anlage möglichst billig ausgeführt werden soll, z. B. bei provisorischen Beleuchtungen. Fig. 539 veranschaulicht die Ausrüstung eines Holzmastes für diesen Zweck. Die Stromzuführung geschieht von den Porzellanisolatoren *i* aus. Die von diesen zur Lampe führenden Zuleitungskabel werden durch das Gegengewicht *f* bei jeder Stellung der Lampe straff erhalten. Die Lampe selbst ist durch das Gegengewicht *h* äquilibriert und wird durch die an gespannten Drähten *c* gleitenden Führungsarme *b* in gleichmässigem Abstande vom Maste erhalten. *k* ist ein eiserner Fuss, der auf das untere Ende des Holzmastes aufgetrieben wird. Das Herablassen und Aufziehen der Bogenlampe geschieht mittels einer unten angebrachten sogenannten Aufzugswinde (vergl. Fig. 544).

Bei den bis jetzt abgebildeten Mastformen zum Herablassen der Bogenlampe muss diese an einem seitlichen Arm mittels Drahtseil und Rolle aufgehängt werden. Ingenieur W. Osenberg hat eine Einrichtung konstruiert, bei der die Bogenlampe zwar ebenfalls herabgelassen werden kann, während sie sich jedoch beim Brennen senkrecht über der Mastspitze befindet.[1]) Fig. 540 veranschaulicht diese Vorrichtung. An der Mastspitze befindet sich ein fester Bügel, innerhalb dessen ein

Fig. 536. Fig. 537. Fig. 538. Fig. 539.

[1]) Die in der Mitte umklappbaren Bogenlichtmaste erfüllen den gleichen Zweck, sind jedoch nicht sehr zu empfehlen.

zweiter leichter Bügel drehbar angeordnet ist, welcher die Lampe beim Herablassen auf die Seite des Mastes bringt. Da eine der Leitrollen für das Drahtseil, an welchem die Lampe hängt, am oberen Teile des drehbaren Bügels befestigt ist, so muss dieser nach unten klappen, sobald man die Lampe herabzuziehen beginnt. Die so erreichte seitliche Entfernung der Lampe von dem Maste ist gross genug, dass ein Anschlagen kaum zu befürchten ist. Bei hohen Masten wird zur grösseren Sicherheit eine Spannvorrichtung für die Leitungsseile angebracht. Beim Emporziehen gleitet der drehbare Bügel samt der Lampe infolge des Seilzuges wieder in seine Ruhestellung über der Spitze des Mastes.

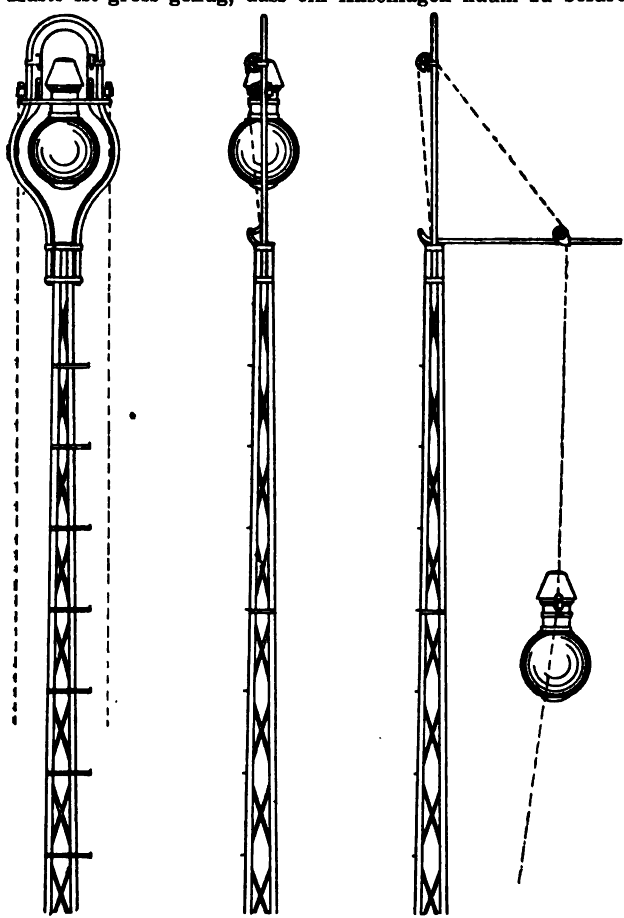


Fig. 540.

Bei der Osenbergschen Einrichtung ist vermieden, dass der Schatten des Mastes in den Lichtkreis der Bogenlampe fällt, und der Lichtpunkt der letzteren befindet sich, bei gleicher Höhe des Ständers, höher als bei seitlich aufgehängter Lampe. Für bestimmte Zwecke wird der oben erläuterte Grundgedanke noch in verschiedenen konstruktiven Abänderungen ausgeführt.

Der Fuss des Mastes enthält bei Serienschaltung der Lampen gewöhnlich noch einen Ausschalter, durch welchen die Lampe vor dem Herablassen vom Stromkreise getrennt wird. Die Höhe der Masten für Bogenlampen richtet sich nach der Lichtstärke der Lampe und nach deren Entfernung von den benachbarten Lampen, beziehungsweise nach dem gewünschten Grade der Bodenbeleuchtung (vergl. hierüber Abschnitt VIII).

Zum Anbringen von Bogenlampen an Aussenwänden von Gebäuden dienen gusseiserne oder schmiedeeiserne Bügel (Ausleger) oder Konsolen. Auch an diesen kann die Lampe unverrückbar befestigt, oder zum Herablassen mittels einer Winde eingerichtet werden. Die letztere Anordnung ist auch hier meist vorzuziehen. Die Stromzuführung geschieht dann mittels biegsamer Kabel, welche von kleinen Porzellanglocken ausgehen; im ersteren Falle können die

Leitungen durch den Aufhängearm, falls derselbe ein Rohr enthält, in die Lampe geführt werden. Fig. 541 zeigt einen Wandarm zum unverrückbaren Befestigen von Bogenlampen, Fig. 542 und 543 zwei Ausleger mit Vorrichtung zum Herablassen der Lampe, sämtlich von Siemens & Halske.

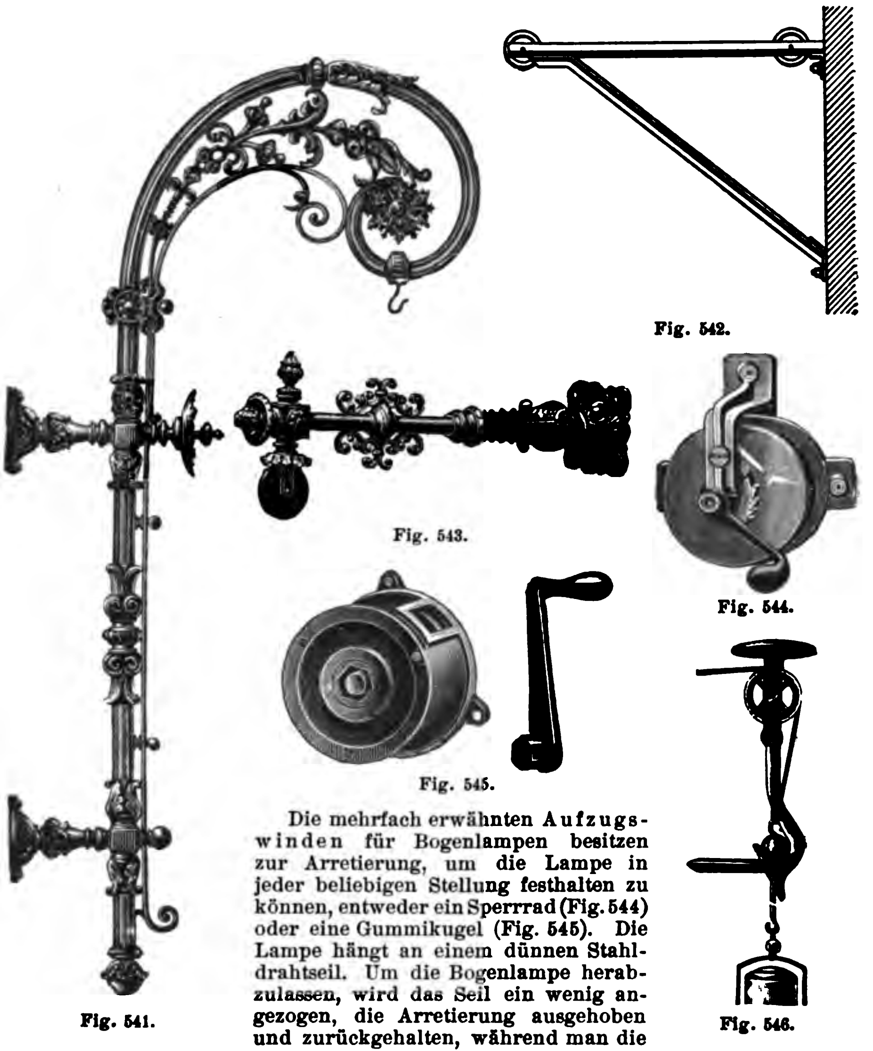


Fig. 541. Fig. 542. Fig. 543. Fig. 544. Fig. 545. Fig. 546.

Die mehrfach erwähnten Aufzugswinden für Bogenlampen besitzen zur Arretierung, um die Lampe in jeder beliebigen Stellung festhalten zu können, entweder ein Sperrrad (Fig. 544) oder eine Gummikugel (Fig. 545). Die Lampe hängt an einem dünnen Stahldrahtseil. Um die Bogenlampe herabzulassen, wird das Seil ein wenig angezogen, die Arretierung ausgehoben und zurückgehalten, während man die Kurbel rückwärts dreht, bis die Lampe in der gewünschten unteren Stellung angelangt ist. Oft ist es wünschenswert, die Kurbel von der Winde wegnehmen zu können, um mutwillige Hände fernzuhalten. Diese Einrichtung besitzt die zweite der abgebildeten Vorrichtungen.

Bei Bogenlampen, welche an einem Drahtseile aufgehängt sind und täglich, zum Zwecke des Kohlenauswechselns, mit Hülfe der soeben beschriebenen Winde herabgelassen werden müssen, wendet man neuerdings öfter eine Sicherheits-

vorrichtung an, welche verhüten soll, dass die Lampe beim Reissen des Seiles (z. B. infolge Rostens) herabfällt. Die Einrichtung pflegt so zu sein, dass die Bogenlampe, wenn sie ganz heraufgezogen ist, nicht an dem Drahtseile, sondern an dem Sicherheitsapparate hängt, sodass das Seil ganz entlastet ist. Dieses wird nur beim Herablassen und Aufziehen der Lampe benutzt und nur hierbei kann sie infolge Reissens des Seiles herabstürzen.

Fig. 546 stellt eine solche »Fangvorrichtung« der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« dar. Der Apparat wird an der Decke oder Dachkonstruktion

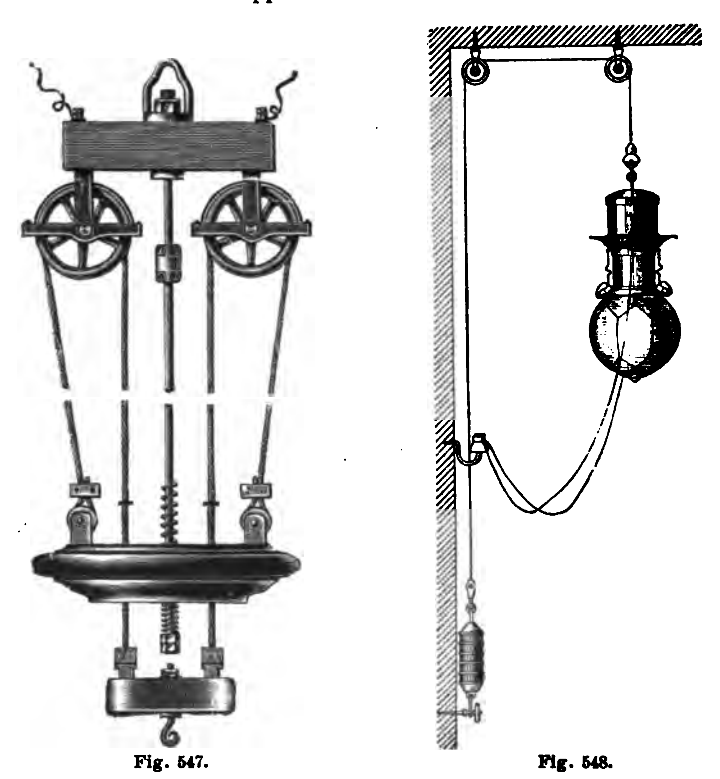


Fig. 547. Fig. 548.

des betreffenden Raumes, oder an dem Ausleger eines Mastes befestigt. Am Ende des Drahtseiles hängt eine Metallkugel, unterhalb welcher die Lampe befestigt ist. Wird die Lampe hinaufgezogen, so gleitet die Kugel in den zur Fangvorrichtung gehörigen, drehbaren Doppelhaken hinein, bleibt auf diesem ruhen und das Drahtseil ist entlastet. Hebt man das letztere mittels der Winde etwas an, so gleitet die Kugel aus dem Haken, der etwas zurückweicht, heraus und die Lampe kann herabgelassen werden.

Für den gleichen Zweck existieren noch verschiedene ähnliche Vorrichtungen, sowie ferner solche, bei welchen durch die Aufhängevorrichtung (sogen. Sicherheitskupplung) zugleich die Stromzuleitung zur Bogenlampe ohne Vermittelung von lose hängenden Kabeln geschieht. Beim Herablassen ist dann die Lampe ausser Verbindung mit der Stromzuführung. (Vergl. z. B. ETZ 1898, S. 840.)

Beim Aufhängen der Bogenlampen in Hallen und grösseren Sälen sieht man noch häufig, des besseren Aussehens halber, von der Verwendung be-

sonderer, lose hängender Kabel als Stromzuleitungen ab und hängt die Lampe an zwei Drahtseilen auf, welche über Rollen laufen und ein Gegengewicht tragen. Die Rollen sind voneinander isoliert und mit der Leitung verbunden, sodass die Drahtseile die Stromzuführung bilden und die Lampe während des Brennens auf- und abgezogen werden kann. Zum Herabziehen wird ein am untersten Ende der Lampenglocke durch eine Schnur befestigter Ring mit einem geeigneten Haken gefasst. In Fig. 547 ist eine derartige Aufzugsvorrichtung der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« abgebildet. Ein hölzernes Querstück trägt und isoliert diese beiden Rollen. Die Spiralfedern sollen beim Ankommen des Gegengewichtes in der höchsten und tiefsten Stellung Stösse verhindern. Wie schon früher erwähnt, ist jedoch die Verwendung der tragenden Drahtseile zur Stromzuleitung nicht sehr zu empfehlen. Werden besondere Zuleitungskabel benutzt, so kann man, statt das Aufhängeseil an einer Winde zu befestigen, auch ein Gegengewicht daran hängen, welches die Lampe in jeder Stellung im Gleichgewicht hält und an einer Wand oder, z. B. in Bahnhofshallen, an einer Säule oder Pfeiler herabgeführt ist. Fig. 548 zeigt eine derartige Einrichtung von Siemens & Halske.

177. Montagestücke für Glühlampen. Auf die eigentlichen Beleuchtungskörper zur Aufnahme von Glühlampen kann nach der kunstgewerblichen Seite hier selbstverständlich nicht eingegangen werden. Für die Montierung der Glühlampen an Lustres, Wand- oder Deckenarmen und in verschiedenen besonderen Fällen werden jedoch zur Zeit eine ganze Anzahl von Zubehörteilen (sogen. fittings u. s. w.) schon in Spezialfabrikation hergestellt. Einige Teile dieser Art, sowie Glühlichtarmaturen für besondere Zwecke sollen hier Erwähnung finden.

Die sogen. Fassungshalter oder Nippel dienen zum Befestigen der Glühlampenfassungen an Beleuchtungskörpern, Wandarmen u. s. w. Sie enthalten stets ein Gewindestück zum Aufschrauben der Fassung, welches zum Einführen der Leitungsdrähte hohl ist, und einen Teil zum Befestigen des ganzen. Der letztere Teil hat die verschiedensten Formen, je nachdem er z. B. das Verschrauben mit einem Rohrgewinde (Fig. 549) oder das Festklemmen an einem Gasarme (Fig. 550), das Aufhängen der Lampe an der Zuleitung (Fig. 551) u. s. w. ermöglichen soll.

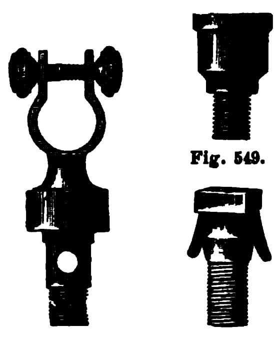


Fig. 549.

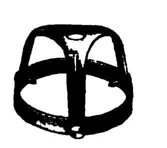


Fig. 550. Fig. 551.

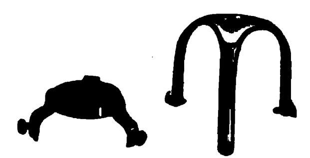


Fig. 552.

Zum Befestigen der Glasschalen von halbkugeliger, tulpenartiger oder sonst irgendwelcher Form, sowie von Reflektorschirmen, welche um die Fassungen der Glühlampen herum gewöhnlich angebracht werden, dienen besondere Halter aus Messing, von denen verschiedene Formen in Fig. 552 dargestellt sind.

Reflektoren für Glühlampen bestehen, wenn sie zur Verwendung in Fabrikräumen oder im Freien bestimmt sind, gewöhnlich aus Eisenblech, das innen weiss, aussen farbig emailliert ist. Sie werden mittels eines der

Fig. 552 abgebildeten Halter befestigt, dessen Schrauben den Reflektor an seinem inneren, vorspringenden Rande fassen. In eleganter ausgestatteten Innenräumen, ganz besonders aber in Schaufenstern verwendet man seit einigen Jahren den sogen. Hohlglasreflektor. Dieser besteht aus einer halbkugeligen, doppelwandigen Glasschale, deren beide Wände innen versilbert sind. In der Mitte trägt er nach aussen zu einen gewöhnlichen Edison'schen Glühlampenfuss, innen dagegen eine vereinfachte Edisonfassung. Die Blechgewinde der beiden genannten Teile sind durch das Loch des Glasteiles hindurch unmittelbar ineinander geschraubt und dadurch metallisch verbunden. Das zweite Kontaktstück (Plättchen) des äusseren Fusses ist mit dem entsprechenden Stücke der inneren Fassung durch einen federnden Stift in Verbindung. Fassung und Fuss werden einfach zusammengeschraubt und pressen dabei den Glasreflektor zwischen sich. Eine Verkittung des letzteren ist nicht erforderlich. Man schraubt dann den Reflektor mit seinem Lampenfuss wie eine Glühlampe in eine Edisonfassung ein, worauf die Glühlampe selbst in den inneren Teil des Reflektors wie in eine gewöhnliche Fassung eingesetzt wird.

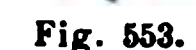


Fig. 553.

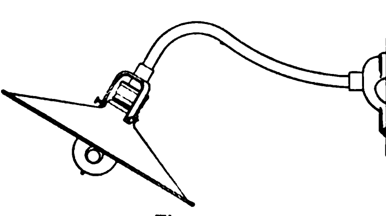


Fig. 554

Fig. 555.



Fig. 556.

Der Hohlglasreflektor, den man sozusagen als eine Verlängerung der Glühlampenfassung ansehen kann, kann daher an jeder fertig montierten Fassung bequem und auch von Laien angebracht werden. Fig. 553 zeigt einen solchen Reflektor der »Deutschen Elektricitäts-Gesellschaft« in Köln vorm. Houbois. Diese Firma versieht solche Reflektoren auch mit Swan-Bajonettfassungen. Für aufzunehmende Glühlampen erhält der Reflektor aussen einen Ring, innen eine normale Lampenfassung.

Um einfache Wand- oder Deckenarme aus Gasrohr oder Isolierrohr, welche nur für Glühlicht bestimmt sind, zu befestigen, können mit Vorteil gusseiserne Rosetten benutzt werden, welche (unter Zwischenlage von Porzellan) nur mit drei Füssen an der Wand aufliegen, sodass die Drähte seitlich bequem in das angeschraubte Rohr eingezogen werden können. Fig. 554 zeigt einen fertigen Wandarm dieser Art nebst Glühlampe und Reflektorschirm. Statt ein an der Decke zu befestigendes Rohr, welches die Lampe trägt, in eine derartige Rosette einzuschrauben, kann man es auch einfach aufhängen mittels eines mit Rohrgewinde versehenen Hakens oder noch besser an dem S. 359 abgebildeten Isolierhaken. Fig. 555 zeigt ein so vorgerichtetes »Pendel« aus Isolierrohr, Fig. 556 ein solches aus Eisenrohr. Zur Aufnahme von zwei Lampen versieht man das Pendel unten noch mit einem ⊥-Stücke aus Gasrohr, an dessen beiden Enden die Lampen befestigt werden.

Viel benutzt sind die sogen. Schnur-Zugpendel, welche gestatten, eine von der Decke

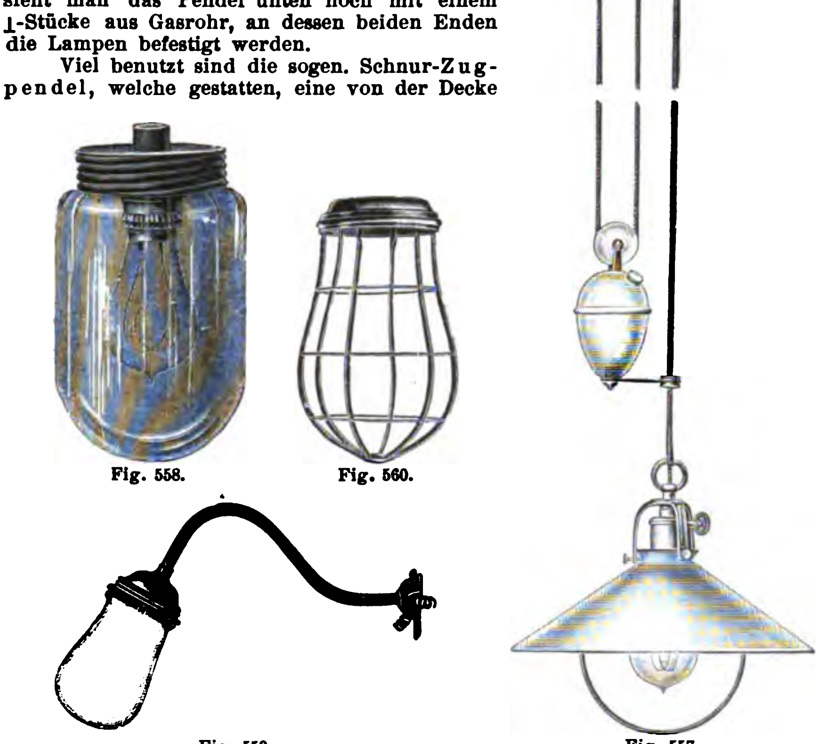


Fig. 558.

Fig. 560.

Fig. 559

Fig. 557.

herabhängende Glühlampe in der Höhe zu verstellen. Mit der die Stromleitung bewirkenden Doppellitze ist in diesem Falle noch eine besondere Tragschnur verflochten. Diese ist an beiden Enden kürzer als die Leitungsschnur, sodass sie das Gewicht der Lampe nebst Zubehör trägt. Die verseilte Schnur läuft über eine feste und eine bewegliche Rolle, an welch letzterer ein Gegengewicht hängt. Fig. 557 zeigt eine solche Einrichtung von Siemens & Halske. Ein mit Porzellan ausgekleideter Seitenarm an dem Gegengewichte gibt der die Lampe tragenden Schnur eine Führung. Das Ende der verseilten Schnur ist innerhalb der porzellanenen Deckenrosette mit der durch die letztere durchlaufenden Zuleitung verbunden und ebenda zweipolig gesichert.

Glühlampen, welche im Freien oder in dunstigen, feuchten Räumen angebracht werden, pflegt man mit einer gläsernen Schutzglocke zu umgeben.

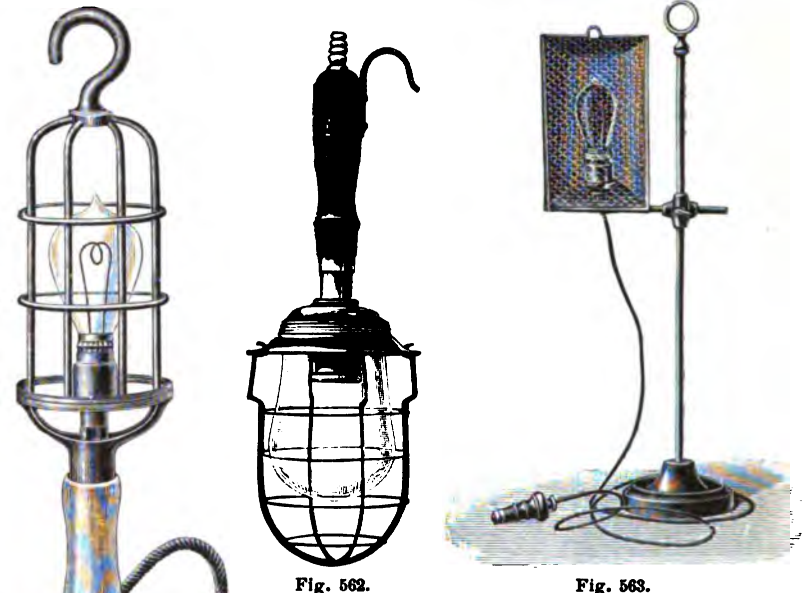


Fig. 561. Fig. 562. Fig. 563.

Diese Glocken schliessen die Glühlampe nebst Fassung luftdicht ein. Das offene Ende der Glasglocke besitzt entweder im Glase ein Gewinde, oder aber eine mit Gewinde versehene Metallfassung und wird in eine metallene Dose eingeschraubt, welche auf das die Lampe tragende Rohr luftdicht aufgesetzt ist. Ein in die Dose gelegter Gummiring bewirkt vollkommene Dichtung. An sehr feuchten Orten verwendet man zur Aufnahme der Schutzglocke besser eine Dose aus Porzellan.



Fig. 564.

Fig. 558 stellt eine derartige Schutzglocke nebst Lampe von S. Bergmann & Co., Fig. 559 eine solche von Voigt & Haeffner an einem Wandarme befestigt dar.

In Werkstätten, Lagerräumen u. s. w., in welchen häufig grössere Gegenstände transportiert werden, ist ein Schutz der Glühlampen gegen Stoss erforderlich. Als solcher dienen gewöhnlich Schutzkörbe aus Draht (Fig. 560). Diese umgeben entweder die einfache Glühlampe oder die Schutzglocke, falls eine solche ausserdem erforderlich sein sollte.

Handlampen mit beweglichem Zuleitungskabel zum Herumleuchten für Lager- oder Akkumulatorenräume erhalten stets ein Schutzgitter und meist auch Schutzglocke. Fig. 561 und 562 veranschaulichen zwei Formen für diesen Zweck ohne und mit Schutzglocke, beide mit Haken zum Aufhängen versehen.

Fig. 563 zeigt eine sogen. Werkstattlampe (Voigt & Haeffner) zur Be-

leuchtung von Drehbänken, Schraubstöcken u. s. w. Die mit Steckkontak versehene Glühlampe ist durch einen kastenartigen, vorn durch Drahtgitter geschlossenen, innen weissen Schirm geschützt und kann nach allen Seiten verstellt werden. Eine Glühlampenarmatur von Siemens & Halske für sehr feuchte Räume (z. B. Brauereien, Bergwerke) ist Fig. 564 abgebildet. Ein Porzellankörper mit Öse zum Aufhängen ist nach unten als Dose zum Einschrauben der Schutzglocke ausgebildet. Unter einem vorspringenden Schutzdache befinden sich zwei Löcher, durch welche die Zuleitungsdrähte bis zu den Klemmen eingeführt werden. Die Klemmschrauben sind ebenfalls vertieft in Löchern angebracht, sodass herabtropfende Feuchtigkeit diese Teile nicht treffen kann.

Dem gleichen Zwecke dient das isoliert aufgehängte Pendel Fig. 565 von Bergmann & Co., sowie das Fig. 566 abgebildete »Isolatorpendel« von Reinh. Lindner in Halle. Eine Öse aus

Fig. 565.

Fig. 566.

starkem Kupferdraht trägt eine gewöhnliche Porzellandoppelglocke mittels einer Bohrung im Kopfe der letzteren. In die Glocke ist ein kreuzförmiger, hohler Porzellankörper eingekittet, an dessen unterem Ende ein geeigneter Nippel nebst Glühlampenfassung, Reflektor und Fassung für die Schutzglocke befestigt ist. Durch die beiden nach unten gebogenen Seitenarme des hohlen Porzellankörpers treten die Zuleitungsdrähte zur Lampe von unten ein.

Bei Strassenbeleuchtung mit Glühlampen werden die mit Schutzglocke und Reflektor versehenen Lampen gewöhnlich mittels Wandarmen Fig. 567 und 568) an geeigneten Ständern befestigt, welche zugleich die an



Fig. 567.



Fig. 568.

Isolatoren geführten Leitungen und ausserdem noch eventuell Ausschalter und Sicherungen (Fig. 366, 367 und 446) tragen. Die Höhe, in der man Strassenglühlampen anbringt, ist ungefähr die der Gaslaternen. Um die Lampen mitten über der Strasse aufhängen zu können, muss man sie in ähnlicher Weise gegen Feuchtigkeit schützen, wie es in nassen Räumen (vergl. oben) geschieht.

VI.

Der Betrieb. Betriebsstörungen.

A. Der normale Betrieb.

178. Allgemeines. In den vorhergehenden Abschnitten ist an verschiedenen Stellen schon der Betrieb der elektrischen Beleuchtung, insbesondere dessen Eröffnung bei neuen Anlagen, berührt worden. Hier soll nur von dem regelmässigen Betriebe die Rede sein, wie er sich Tag für Tag wiederholt, sowie von den am häufigsten vorkommenden Störungen desselben.

Die tägliche Wartung der Teile einer Beleuchtungsanlage umfasst: Bedienung der Maschinen, sowie der Akkumulatoren, falls solche vorhanden, beides während des eigentlichen Betriebes sowohl als auch zu Zeiten, wo dieser ruht; ferner Bedienung der Schalttafel während des Betriebes und Bedienung der Bogenlampen in den Ruhepausen. Alle diese Verrichtungen sind, wenn sie täglich gewissenhaft besorgt werden, einfach und erfordern wenig Mühe und Zeit. Während Strom abgegeben wird, soll das Bedienungspersonal, abgesehen von der Fernhaltung grösserer Störungen, sein Hauptbestreben darauf richten, dass plötzliche Änderungen der Lichtstärke, Zuckungen des Lichtes, insbesondere der Glühlampen, vermieden werden. Häufig genug ist es, wenn eine Störung während des Betriebes sich zeigt, mit Umsicht und Energie möglich, diesen ohne Schaden für die Anlage im Gange zu halten, ohne dass in den zu beleuchtenden Räumen eine Unregelmässigkeit wahrgenommen wird.

Was die Wartung der M a s c h i n e n betrifft, so gelten für die Betriebsmaschinen und deren Zubehör: Dampfmaschinen und Dampfkessel, Gasmotoren, Wassermotoren u. s. w. die gewöhnlichen Vorschriften, wie in allen sonstigen Betrieben auch. Es ist nur ganz besonders darauf zu achten, dass Schwankungen der Geschwindigkeit, periodische wie vorübergehende, nicht vorkommen; also muss sorgfältig darüber gewacht werden, dass der Regulator dauernd gut funktionierte, dass bei Dampfmaschinenbetrieb stets hinreichender Druck im Kessel vorhanden sei, dass Gasmotoren häufig genug gereinigt

werden, die Auspuffventile derselben gut schliessen u. s. w. Hier soll wesentlich nur die Behandlung derjenigen Teile der Anlage betrachtet werden, welche der eigentlichen Stromerzeugung, sowie der Verteilung und dem Verbrauche des Stromes dienen.

Wartung der Dynamomaschinen.

179. Die Dynamomaschinen sind ausserordentlich einfache Maschinen, da sie nur einen einzigen beweglichen Teil, den Anker, besitzen. Dementsprechend macht auch ihre Wartung wenig Umstände. Peinliche Sauberkeit aller Teile ist zunächst Haupterfordernis. Eine Reinigung von Staub hat häufig zu geschehen; insbesondere muss der vom Kollektor abfliegende Metallstaub täglich entfernt werden. Aus den inneren Teilen des Magnetgehäuses entfernt man die Staubteile mittels eines Blasebalges oder einer Luftspritze. Die Lager müssen bei der meist hohen Umlaufszahl der Dynamomaschinen gut gepflegt werden. Man zieht bei geteilten Lagern die Lagerdeckel nach Erfordernis nach und verwendet zum Schmieren ein gutes Mineralöl, das nicht zu lange benutzt werden soll. Nur im Falle ein Lager Neigung zum Warmlaufen zeigt und man dadurch genötigt wird, viel Öl durchfliessen zu lassen, kann dieses, nachdem es filtriert ist, noch ein zweites Mal Verwendung finden. Gut eingelaufene Lager können im Betriebe handwarm und noch etwas darüber werden. Die Gefahr des Heisswerdens eines Lagers liegt gewöhnlich nur vor bei neu aufgestellten Maschinen, ferner wenn die Riemen nachgespannt oder neue Lagerschalen eingesetzt worden sind, endlich wenn der Kollektor sich stark erwärmt. Lager mit der unter **21** beschriebenen Ringschmierung sind für Dynamomaschinen allen anderen vorzuziehen.

180. Pflege des Kollektors. Die meiste Sorgfalt erfordert die Behandlung des Kollektors, dieses wunden Punktes mancher Dynamomaschinen. Vernachlässigung desselben rächt sich sehr bald, während andererseits bei täglichem Nachsehen nur wenig Mühe und Zeit in dieser Beziehung erforderlich ist. Der Kollektor soll vollkommen rund und von glatter Oberfläche sein; die Bürsten sollen nur mit sanftem Drucke aufliegen. Nur so lässt sich die Funkenbildung und der Verschleiss durch Reibung auf ein Minimum beschränken. Es muss zugegeben werden, nicht nur dass kleine Maschinen im allgemeinen leichter feuern als grössere, sondern auch dass manche Maschinenformen, infolge ihrer magnetischen Disposition, erheblicher Ankerrückwirkung, zu hoher Strombelastung der Bürsten u. s. w., oder auch unzweckmässiger Konstruktion des Bürstenhalters mehr zur Funkenbildung neigen, während andere fast gar nicht funken. Durch die Funken werden die einzelnen Segmente allmählich von der

einen Seite aus angefressen und wird die Oberfläche des Kollektors rauh. Es ist jedoch ganz verkehrt, durch stärkeres Aufdrücken der Bürsten die Funken verringern zu wollen. Dadurch wird nur eine augenblickliche Verminderung erzielt, andererseits aber der Verschleiss der Lamellen wie der Bürsten vermehrt, wodurch der Kollektor immer mehr unrund wird, sodass die Funkenbildung wächst. Auch erhitzt sich bei stark reibenden Bürsten der Kollektor so sehr, dass das anliegende Lager, bei kleinen Trommelankern selbst ein Teil der Ankerwickelung, mit heiss werden kann.

Zeigt eine Maschine bei vollkommen rundem, glattem Kollektor und guten, richtig eingestellten Bürsten noch erhebliche Funken, so muss diesem Umstande eben durch entsprechend sorgfältige Behandlung des Kollektors Rechnung getragen werden. Zunächst ist die Oberfläche desselben, sobald sie Rauheiten zeigt, mittels Schmirgelleinen oder Glaspapier von mittelfeiner Qualität glatt zu schleifen. Man lässt dabei die Maschine bei abgehobenen Bürsten mit mässiger Geschwindigkeit laufen und schlägt das Schmirgelpapier um ein glattes, ebenes Brettchen, damit das Abschleifen vollkommen gleichmässig erfolgt. Die haltenden Hände stützt man an den festen Maschinenteilen und übt einen nur mässigen Druck aus. Nach dem Abschleifen überzeugt man sich, ob in den isolierenden Zwischenräumen zwischen den einzelnen Kollektorsegmenten keine Metallteilchen sich festgesetzt haben, und entfernt sitzengebliebene zunächst durch Blasen, dann mit Hilfe eines steifen Pinsels. Nur selten wird es nötig sein, zur Beseitigung einzelner festsitzender Teilchen ein spitzes Instrument anzuwenden, und man muss sich hüten, damit in die Isolierschichten hineinzustechen oder zu kratzen. Wenn das Abschleifen häufig und sorgfältig genug vorgenommen wird, kann es nur nach sehr langer Zeit geschehen, dass der Kollektor tatsächlich unrund wird. Sobald dies jedoch eingetreten ist, genügt Abschleifen nicht mehr, da die Bürsten während eines Umlaufes der Welle nicht stets mit gleichmässigem Drucke aufliegen, sondern vibrieren, was erhöhte Funkenbildung zur Folge hat. Der Kollektor muss dann sobald als möglich abgedreht werden, um ihn wieder vollkommen zylindrisch zu machen. Das Abdrehen darf nur mit Hilfe eines Supports geschehen. Diesen befestigt man am Maschinengestell und stellt sich hierzu ein- für allemal eine passende Haltevorrichtung her. Bei manchen Dynamomaschinen wird eine solche von der liefernden Fabrik auf Wunsch beigegeben. Der Bürstenhalter ist dabei abzunehmen und man lässt die Maschine ganz langsam laufen. Lässt sich dies nicht ermöglichen, oder ein Support nicht gut anbringen, so nimmt man den Anker heraus und lässt das Abdrehen in einer Werkstätte auf der Drehbank besorgen. Dabei darf selbstverständlich nur ein dünner Span weg-

genommen werden, soviel als zum vollständigen Rundmachen eben erforderlich ist.

Die Lamellen des Kollektors sind gewöhnlich so stark im Metall (20 *mm* und darüber), dass sie auch unter den vorbeschriebenen ungünstigen Umständen, welche ein häufiges Abschleifen und zeitweises Abdrehen erforderlich machen, bei sorgsamer Behandlung einige Jahre aushalten. Wird dem Kollektor dagegen nicht die nötige Pflege zu teil, so kann er in weniger als einem Jahre zugrunde gerichtet sein. Zuweilen sieht man Exemplare, die nicht nur völlig unrund, sondern dabei wellig oder hügelig ausgelaufen sind. Diese funken dann beim Laufen so stark, dass ein dunkler Maschinenraum dadurch erleuchtet werden kann, und lassen sich nicht anfassen, ohne dass man sich die Finger verbrennt.

Bei Maschinen mit an sich unbedeutender Funkenbildung poliert sich der Kollektor bald durch die Bürsten, resp. er überzieht sich mit einem völlig glatten, glänzenden Anfluge von Oxyd, durch welchen die Segmente vor weiterem Anfressen geschützt werden. Die Abnutzung ist dann verschwindend gering und erstreckt sich wesentlich nur auf die Bürsten. Es existieren Maschinen, die bis zu 10 Jahren im Betrieb sind, noch mit den ersten Bürsten laufen und deren Kollektor noch niemals abgedreht werden musste. Es wird vielfach empfohlen, den Stromabgeber täglich mit etwas Schmieröl einzureiben. Zu diesem Zwecke bringt man wenige Tropfen davon auf einen Lappen, hält denselben, während die Maschine läuft, an den Kollektor und fährt in Richtung der Welle dabei hin und her.

181. Behandlung der Schleifbürsten. Die Beschaffenheit und Behandlung der Bürsten trägt viel dazu bei, den Kollektor in gutem Zustande zu erhalten. Zunächst muss bei Metallbürsten stets, insbesondere nach dem Beschneiden oder nach dem Einsetzen neuer Bürsten, kontrolliert werden, ob sie richtig auseinanderstehen (bei zweipoligen Maschinen um die halbe Zahl der Segmente, bei vierpoligen um $^1/_4$, bei sechspoligen um $^1/_6$ oder aber um $^1/_2 + ^1/_6$ derselben). Wie man sich diese Arbeit durch Anbringen von Körnerbezeichnungen auf einzelnen Lamellen erleichtern kann, ist schon in **38** erwähnt. Ferner sollen die Bürsten die richtige Stellung zum Magnetfelde einnehmen, d. h. möglichst diejenige, in welcher die geringste Funkenbildung statthat. Ist diese Stellung für die voll beanspruchte Maschine ermittelt, so bezeichnet man sie am Bürstenhalter und am Maschinengestell durch eine Marke, falls dies nicht schon seitens der Fabrik geschehen. Merkt man sich nun noch die Länge, um welche die Bürsten aus den Halteblechen in diesem Falle hervorstehen, so ist man nach jedem Entfernen der Bürsten, ja des Bürstenhalters, jederzeit imstande, diese Teile mit leichter Mühe wieder

richtig einzustellen. Die Bürsten müssen, in dem Masse wie sie sich abschleifen, von Zeit zu Zeit nachgeschoben werden. Das einfache Nachschieben genügt aber nur dann, wenn die schleifenden Flächen sich noch in gutem Zustande befinden. Sind diese jedoch ausgefasert, unregelmässig abgerieben u. dergl., so sind die Bürsten mit der Blechschere zu beschneiden. Es empfiehlt sich, sie dabei in einen Schraubstock zu spannen, um eine gleichmässig glatte Schnittfläche zu erzielen. Scharfer Grat ist zu entfernen. Nach dem Wiedereinsetzen und Verschieben bis zur richtigen Länge legt man die Bürsten mit mässigem Drucke auf den Kollektor, muss sie jedoch, nachdem die Maschine kurze Zeit gelaufen hat, nochmals nachspannen, bis sich richtige Flächen angeschliffen haben. Es ist sehr bequem, wenn auch bei kleineren Maschinen für jede Stromabnahmestelle mehr als eine Bürste vorhanden ist, sodass man jede einzelne Bürste während des Betriebes nach Belieben abheben, verstellen und beschneiden kann.

Die Frage, welches Material sich für die Bürsten am besten eigne, ob Bleche, Drähte, Drahtgewebe, geklöppelte Schnüre, ferner ob Kupfer, Messing oder Bronze, lässt sich nicht gut allgemein beantworten. Es hängt dabei zuviel von der übrigen Konstruktion der Dynamomaschine, Neigung zu Funkenbildung, Material und Umfangsgeschwindigkeit des Kollektors u. s. w. ab. Tatsache ist, dass vorwiegend Kupfer zu den Bürsten Verwendung findet und dass die aus Schichten von Drahtgewebe hergestellte und von einem Mantel aus solchem umkleidete Form, wie sie von Koch zuerst in den Handel gebracht worden ist, sich in Deutschland sehr eingebürgert hat. Neben diesen finden auch Bürsten aus zahlreichen Schichten dünnen Messingbleches (»Blätterbürsten«) häufige Verwendung.

Sogen. Kohlebürsten, d. h. prismatische Stückchen aus einer künstlichen Kohle, welche mit ihrer einen Stirnfläche schleifen, kommen, ausser bei Elektromotoren, hauptsächlich bei solchen Dynamomaschinen vor, welche häufige und erhebliche Schwankungen der Belastung auszuhalten haben und finden sich daher in reinen Lichtanlagen nicht so häufig wie in Kraftanlagen. Sie sind am einfachsten zu behandeln, schonen den Kollektor, verursachen aber ein erhebliches Geräusch.

Bei gegebener Stellung der Bürsten zum Magnetfelde ist noch für die Art des Aufliegens (von Metallbürsten) am Stromabgeber — ob in Richtung der Tangente an den Berührungspunkt, oder mehr steil — einiger Spielraum möglich. Bei fast tangentialer (flacher) Auflage werden die Schleifflächen immer grösser, sodass sie leicht mehr als ein ganzes Segment bedecken können, was nicht zulässig, weshalb häufiges Beschneiden, und zwar jedesmal um ein erhebliches Stück, erforderlich wird. Stehen sie sehr steil, so muss oft nach-

geschoben werden, um zu verhindern, dass sich die Bürsten, in dem Masse wie sie sich abschleifen, der senkrechten (richtiger gesagt radialen) Stellung nähern und damit ihre Stellung zur Lage des Magnetfeldes, sowie ihren Auflagedruck verändern. Eine Stellung, die zwischen der tangentialen und der radialen ungefähr in der Mitte liegt, ist darum die beste. Die maximale Ausdehnung der Schleifflächen soll dabei etwas kleiner sein als die Breite eines Kollektorsegmentes. Kohlebürsten stellt man meistens radial und gestaltet den Bürstenhalter so, dass er einen Druck in radialer Richtung ausübt.

Es empfiehlt sich, solange eine Maschine nicht läuft, Metallbürsten vom Stromabgeber abzuheben, damit durch zufälliges Rückwärtsdrehen der Welle kein Verbiegen der ersteren verursacht werden kann.

182. Riemenspannung. Bei Antrieb der Dynamomaschine mittels Riemen hat man darauf zu achten, dass die Riemenspannung nicht zu gering werde. Das Gleiten eines zu schlaffen Riemens auf der Riemenscheibe der Dynamomaschine wird an der Erwärmung der Scheibe und an unregelmässigen Schwankungen der Spannung leicht erkannt. Um das Nachspannen des Riemens bequem selbst während des Betriebes zu ermöglichen, wird die Maschine, wie schon früher erwähnt, am zweckmässigsten auf Gleitschienen mit Spannschrauben gestellt. Zum Nachspannen lockert man die Befestigungsschrauben, welche die Maschine auf den Schienen festhalten, nur so weit, dass sich dieselbe mittels der Spannschrauben verschieben lässt. Die letzteren werden jede um gleich viele Gänge gedreht, damit die Welle der Maschine parallel mit der Antriebswelle bleibt, worauf man die Befestigungsschrauben wieder anzieht. Verschiedene Ausführungen von Riemen-Spannvorrichtungen neuerer Konstruktion sind an den Abbildungen von Dynamomaschinen im Abschnitt I zu sehen. Zu festes Anspannen des Riemens muss man vermeiden, da sonst in der ersten Zeit das der Riemenscheibe nächstgelegene Lager regelmässig heiss läuft.

Endlich müssen, in Zeiten, in welchen die Maschine stillsteht, öfters alle Schrauben, insbesondere diejenigen, welche elektrische Kontakte vermitteln, nachgezogen werden. Sonst bleiben ruhende Dynamomaschinen zum Schutze gegen Staub und Beschädigungen zweckmässig mit einem Tuche umhüllt.

Wartung von Akkumulatoren.

183. Was die Behandlung einer Akkumulatorenbatterie im Dauerbetriebe betrifft, so wurde alles Wissenswerte hierüber schon im Abschnitt II, besonders unter **64** und **76** gegeben. Die Wartung der Elemente, wie der tägliche Betrieb sie mit sich bringt, beschränkt

sich auf: Nachsehen gegen Ende jeder Ladung, insbesondere ob die Gasentwickelung in sämtlichen Zellen gleichzeitig und gleich stark eintritt; ferner Auffüllen mit schwacher Säure nach Bedürfnis, endlich Messen des Säuregehaltes mit dem Aräometer in einigen Elementen. Letzteres braucht jedoch unter normalen Umständen nur von Zeit zu Zeit zu geschehen, sofort aber in solchen Zellen, die in ihrem Verhalten von den übrigen abweichen. Im übrigen ist das tägliche Ausfüllen eines möglichst einfachen Protokolls zu empfehlen, in welches über Dauer und elektrische Verhältnisse jeder Ladung und soweit als möglich auch über die Entladungen Angaben eingetragen werden. Aus diesen Aufzeichnungen lässt sich dann jederzeit sowohl der augenblickliche Ladungszustand der Batterie wie die frühere Behandlung derselben erkennen.

Bedienung der Schalttafel.

184. An der Schalttafel sind während des Betriebes die erforderlichen Ein-, Aus- und Umschaltungen vorzunehmen, ferner die Messinstrumente zu beobachten und nach deren Angaben Regulierungen der Spannung und event. Stromstärke (beim Laden von Akkumulatoren, Lampen in Serienschaltung) mit Hilfe der Regulierwiderstände und Zellenschalter, falls solche vorhanden, auszuführen. Wieviel Aufmerksamkeit und Mühe die Bedienung der Schalttafel erfordert, hängt von der Art und dem Umfange der Anlage ab. Ist letztere klein, enthält sie vielleicht nur einen Stromkreis und ist sie für reinen Maschinenbetrieb eingerichtet, so sind gewöhnlich nur 1 bis 2 Messinstrumente und 1 Regulierwiderstand vorhanden. Der Maschinist genügt allein zur Bedienung. Während dieser sich vorwiegend mit der Beaufsichtigung und Wartung der Maschinen befasst, hat er nur von Zeit zu Zeit einen Blick auf das Messinstrument zu werfen und eventuell den Regulierwiderstand zu verstellen. Die Bedienung ist am einfachsten, wenn die Zahl der brennenden Lampen sich während des Betriebes nicht wesentlich ändert; die Gleichmässigkeit des letzteren kann in diesem Falle von der Aufmerksamkeit des Maschinisten noch unabhängiger gemacht werden dadurch, dass man eine Signalvorrichtung (vergl. **155**) am Schaltbrette anbringt.

Bei Betrieb der Anlage mit einer Compound-Dynamomaschine sollte streng genommen eine Kontrolle und eventuelle Regulierung der Spannung auch bei wechselnder Belastung nicht erforderlich sein. Allein auch bei der bestkonstruierten Maschine dieser Art findet eine allmähliche Abnahme der Klemmenspannung statt in dem Masse, wie die Drahtwickelungen durch den Strom erwärmt werden, da hierdurch die Widerstände sich vergrössern. Die Nebenschlusswickelung erhält infolgedessen weniger Strom, also sinkt der Magnetismus; durch den

vermehrten Widerstand des Ankers und der direkten Windungen wird ein grösserer Teil der erzeugten EMK verzehrt als bei kalter Maschine. Ausserdem nimmt bei Riemenbetrieb mit steigender Strombelastung der Dynamomaschine die Riemengleitung zu und damit die Tourenzahl etwas ab. Ein häufiges Beobachten des Spannungszeigers kann deswegen auch bei Compoundmaschinen in den meisten Fällen nicht entbehrt werden. Enthält eine kleinere Anlage der genannten Art auch einen Akkumulator, so verlangt die Bedienung der Schalttafel schon mehr Aufmerksamkeit und Zeit; immerhin kann jedoch noch ein Mann diesen Teil mit dem Maschinenbetrieb zusammen besorgen.

Bei grösseren Beleuchtungsanlagen mit mehreren Dynamomaschinen, zahlreichen Stromkreisen und event. noch Akkumulatorenbetrieb, ganz abgesehen von etwaiger Fernspannungs-Regulierung, nimmt die Schalttafel eine solche Ausdehnung an, dass die Überwachung und Bedienung derselben die Tätigkeit einer Person ausschliesslich in Anspruch nimmt, während einer zweiten die Wartung der Maschinen obliegt. Wenn mehrere Nebenschlussmaschinen vorhanden sind, welche je nach Bedürfnis zusammen in Parallelschaltung den Strom liefern, z. B. in Blockstationen, so muss beim Zuschalten einer neuen Maschine, wenn der Stromverbrauch wächst, mit entsprechender Vorsicht verfahren werden. Es kommt darauf an, dass die hinzugeschaltete Maschine nicht plötzlich stark belastet werde, sondern dass die Stromstärke in derselben allmählich anwachse, bis die Stromlieferung auf alle laufenden Maschinen gleichmässig verteilt ist. Insbesondere ist zu vermeiden, dass in der hinzukommenden Maschine der Strom das zulässige Maximum übersteigt, oder dass sie selbst gar keinen Strom liefert, sondern von den übrigen solchen erhält. Die Ausführung der erforderlichen Regulierungen beim Hinzuschalten einer neuen Maschine geschieht mittels des Nebenschlussregulators der letzteren, und es muss in solchem Falle jede Dynamomaschine ihren besonderen Spannungsmesser und Strommesser besitzen. Nachdem die hinzuschaltende Maschine mit richtiger Tourenzahl läuft, verbindet man die Enden ihrer Magnetwickelung mit den Sammelschienen des Schaltbrettes, sodass die Magnete von aussen erregt werden, während der Anker noch »offen« läuft. Mit Hilfe des Nebenschlussregulators bringt man die Spannung an den Bürsten auf den an den Sammelschienen vorhandenen Betrag. Nun wird der Ausschalter geschlossen, und die Spannung mit dem Regulator zunächst auf dem genannten Betrage gehalten. Der Anker gibt noch keinen Strom. Erhöht man jetzt die Magneterregung ganz langsam, so beginnt die Maschine nach und nach an der Stromerzeugung teilzunehmen, während in den übrigen

Maschinen die Stromstärke entsprechend abnimmt. Ähnlich verfährt man beim Ausschalten einer Dynamomaschine. Durch allmähliches Vermindern ihrer Erregung vermindert man ihren Anteil an der Stromerzeugung und öffnet in dem Augenblicke, in welchem sie ganz oder nahezu stromlos geworden ist, den Ausschalter. Die für den vorgenannten Zweck früher zu Hilfe genommenen Glühlampenbatterien oder sonstigen künstlichen Widerstände sind überflüssig.

Da die Gleichmässigkeit der elektrischen Beleuchtung wesentlich davon abhängt, dass der Mann am Schaltbrette Tag für Tag seine Pflicht tut, ohne nachzulassen, so sollten an derartige Posten nur ganz zuverlässige Leute gestellt werden. Die Art des Beleuchtungsbetriebes bringt es mit sich, dass im Stromverbrauche, sowie sonst an den Maschinen oder Akkumulatoren sich oft in längeren Zeiträumen nichts ändert. Dies wirkt ermüdend und schläfert die Aufmerksamkeit leicht ein. Da jedoch trotz selbsttätiger Reguliervorrichtungen u. s. w. die Beaufsichtigung des Schaltbrettes durch Menschen und ein zeitweiliges Eingreifen derselben nicht entbehrt werden kann, so erweist es sich häufig nicht als zweckmässig, dazu besonders intelligente, lebhafte Personen zu wählen, deren regsamer Verstand nach unausgesetzter Beschäftigung verlangt. Solche empfinden bald Langeweile, erlahmen in ihrer Aufmerksamkeit oder wenden sie anderen Dingen zu. Ruhige, ja phlegmatische Leute, ohne viel anderweitige Interessen, die ihre Obliegenheiten mehr mechanisch erfüllen, dürften hier die geeignetsten sein.

185. Wartung der Lampen. Von den Lampen erfordern nur die Bogenlampen eine tägliche oder doch sehr häufige Wartung wegen des Einsetzens der Kohlen. Dies geschieht, während der Betrieb ruht, gewöhnlich in den Vormittagsstunden, und bietet zugleich die Gelegenheit zur Reinigung und Besichtigung der Lampen. Die Bogenlampe bedarf derselben recht oft, da sie bewegliche Teile enthält, welche durch Staub, Witterungseinflüsse und die Verbrennungsprodukte der Kohlen leiden können. Es wird zunächst die Glasglocke so weit herabgelassen, dass die Kohlenhalter freiliegen. Dann werden diese letzteren nach dem Herausnehmen der Kohlenenden mit Bürste, Pinsel und Putzlappen von anhaftendem Staube und dem weisslichen Anfluge gereinigt, der sich beim Brennen der Kohlen bildet. Ebenso wird mit den die Kohlenhalter tragenden Ketten, Gleit- oder Zahnstangen verfahren, soweit sie zugänglich sind. Die Anwendung von Öl oder Fett ist dabei nicht gestattet. Hierauf schiebt man die Kohlenhalter auseinander und achtet darauf, ob dies ohne erhebliche Reibung vor sich geht. Die neuen Kohlen werden dann eingesetzt und, falls ihre Spitzen nicht genau aufeinander stehen, mittels der gewöhnlich am unteren Kohlenhalter angebrachten Vorrichtung zentriert.

Nach dem Einsetzen muss noch soviel Spielraum vorhanden sein, dass man die Kohlen um mindestens 5 *mm* auseinander ziehen kann. Dies ist für die Bogenbildung bei Beginn des Brennens erforderlich. Es erfolgt bei dieser Gelegenheit endlich noch die Entfernung der Kohlen- und Aschenteile aus dem Inneren der Glasglocke und das Abwischen des Staubes von deren Aussenseite.

Das Regulierwerk bleibt bei der täglichen Bedienung der Lampen geschlossen. Von Zeit zu Zeit jedoch wird die Verschlusskapsel weggenommen und der Mechanismus besichtigt, Staub mit dem Pinsel, Rost mittels eines Wischlappens nach Möglichkeit entfernt. Auch überzeugt man sich nach Entfernen der Kohlenstifte, ob die auseinandergezogenen Kohlenhalter durch das Werk ohne Hindernis wieder zusammengeführt werden. Endlich empfiehlt es sich, zeitweise während des Betriebes die brennenden Bogenlampen zu beobachten, um zu erkennen, ob die Regulierung gut funktioniert. Die Brenndauer der verwendeten Kohlenstifte muss dem mit der Bedienung der Lampen Betrauten genau bekannt sein, ebenso die Zeit, welche dieselben während eines Abends gebrannt haben und am folgenden voraussichtlich brennen werden. Durch entsprechende Aufmerksamkeit in dieser Beziehung lässt sich das Erneuern der Kohlen während des Betriebes vermeiden; andrerseits lassen sich Stifte, welche nur teilweise abgebrannt sind, an Tagen mit entsprechend kurzer Brennzeit ganz ausnutzen.

Glühlampen erfordern keine Wartung, abgesehen von dem Auswechseln der durchgebrannten. Doch sollte der Betriebsaufseher von Zeit zu Zeit sämtliche Lampen besichtigen, um zu finden, ob einzelne an der Innenwand besonders stark geschwärzt sind, die dann am besten durch neue ersetzt werden. Auch vom Staube sind die Glasballons öfter zu reinigen. Endlich muss während des Betriebes zeitweise kontrolliert werden, ob nicht die Fassungen mancher Lampen infolge schlechter Kontaktstellen heiss werden, ob nicht hie und da eine Lampe erheblich dunkler brennt als die übrigen, u. s. f.

186. Beginn und Beendigung des Betriebes. Bei Beginn des Betriebes lässt man zunächst die Betriebsmaschine mit einer Dynamomaschine leer laufen, während die Bürsten der letzteren abgehoben sind. An der Schalttafel sind alle Ausschalter geöffnet. Es werden alsdann die Bürsten aufgelegt, hierauf (bei Nebenschlussmaschinen) der Magnetstromkreis geschlossen und die Maschine mittels des Nebenschlussregulators auf normale Spannung gebracht und dann endlich die einzelnen Stromkreise eingeschaltet, unter fortwährender Beobachtung der Messinstrumente, sowie auch des Kollektors. Besteht der äussere Stromkreis aus Bogenlampen in Serienschaltung, so lässt man den Vorschaltwiderstand zuerst ganz eingeschaltet, da die Lampen

zu Anfang stets mit zu grosser Stromstärke brennen und die Maschine dadurch überlastet würde. In dem Masse, wie die Lampen sich einbrennen, wird der Ballast Feld für Feld ausgeschaltet. Im Falle bei Parallelbetrieb nur ein einziger Stromkreis vorhanden ist, in welchem sämtliche oder die meisten Lampen dauernd eingeschaltet bleiben, ist es vorteilhafter, den Stromkreis schon zu schliessen, bevor die Dynamomaschine erregt wird. Andernfalls wäre, wenn die volle Belastung der vorher leer laufenden Maschine plötzlich eintreten würde, eine Zerrung des Treibriemens und ein momentaner Rückgang in der Geschwindigkeit, auch derjenigen des Motors, sowie Feuer am Kollektor nicht zu vermeiden. Läuft dagegen die Dynamomaschine auf den äusseren Kreis allmählich an, so steigt die Lichtstärke der Lampen etwas langsamer bis zur vollen Höhe, bleibt dafür aber auf derselben dann ohne Schwankung stehen. Wenn Bogenlampen in einer Glühlichtanlage vorhanden sind, so schaltet man dieselben am besten erst ein, wenn die Glühlampen schon normal brennen. Beginnt der Betrieb mit Ladung von Akkumulatoren, einerlei ob gleichzeitig Lampen brennen oder nicht, so darf die Batterie erst eingeschaltet werden, wenn die Dynamomaschine eine Spannung erreicht hat, welche etwas höher ist als die Gegenspannung der Batterie. Die Speisung der Lampen durch Dynamomaschine und Akkumulatoren in Parallelschaltung erfordert ein häufiges Beobachten der Messstrumente, damit die Strombelastung auf beide Stromquellen normal verteilt bleibe (vergl. **67**).

Die Beendigung des Maschinenbetriebes geschieht bei reinem Maschinenbetriebe am besten in der Weise, dass man den Dampf-, Gas- oder Wasserzufluss zur Betriebsmaschine abstellt und die Tourenzahl sich so selbsttätig verringern lässt, bis die Dynamomaschine stromlos geworden ist. Erst dann öffnet man die Ausschalter und hebt die Bürsten ab. Es wird auf diese Weise das Auftreten starker Funken oder Lichtbogen beim Unterbrechen des Stromes vermieden. Sollen bei Akkumulatorenbetrieb die Maschinen still gesetzt werden, während die Batterie die noch brennenden Lampen weiter speist, so ist mit Hilfe des Nebenschlussregulators die Maschinenspannung allmählich zu verringern und damit die Belastung des Akkumulators mehr und mehr zu vergrössern, bis die Dynamomaschine ganz oder nahezu stromlos ist. Dann wird zuerst der Maschinenausschalter geöffnet (event. ist der selbsttätige Ausschalter schon zuvor in Tätigkeit getreten) und hierauf erst die Betriebsmaschine abgestellt.

Es liegt ausserhalb des Zweckes dieser Schrift, eingehende Vorschriften für die Tätigkeit der mit dem Betriebe elektrischer Beleuchtungsanlagen betrauten Personen zu geben. In dieser Beziehung

sei auf das kleine Buch von May: »Anweisung für den elektrischen Lichtbetrieb«, sowie auf die von verschiedenen elektrotechnischen Firmen teilweise in Plakatform herausgegebenen Vorschriften verwiesen.

B. Betriebsstörungen und deren Beseitigung.

187. In Anlagen für elektrische Beleuchtung, deren Maschinen, Lampen, Hilfsapparate und event. Akkumulatoren anerkannt guten, soliden Fabriken entstammen, deren Einrichtung ferner richtig disponiert und sachgemäss ausgeführt, deren Leitungen insbesondere aus gutem Material und unter Beobachtung der erforderlichen Vorsichtsmassregeln verlegt sind, werden Störungen des Betriebes im allgemeinen nur sehr selten vorkommen, vorausgesetzt, dass auch die Wartung der Teile der Anlage, wie des Betriebes zuverlässigen Händen anvertraut ist. Manchmal findet man freilich noch Beleuchtungsanlagen, bei deren Einrichtung die Rücksicht auf möglichste Wohlfeilheit die einzige gewesen ist, welche gewissenhaft beobachtet wurde, sodass im Gegensatz zu dem oben Gesagten man sich füglich wundern muss, wenn nicht an jedem Betriebstage Unregelmässigkeiten und Unfälle zu verzeichnen sind.

Zum Sitze von Betriebsstörungen kann jeder Teil einer Anlage werden, insbesondere die Dynamomaschinen und das Leitungsnetz. Seltener sind Fehler in den auf dem Schaltbrette vereinigten Apparaten und deren Verbindungen. Störungen in Akkumulatorenbatterien treten fast niemals plötzlich ein, sondern bilden sich allmählich aus, sodass sie bei aufmerksamer Wartung schon früh bemerkt und beseitigt werden können, bevor sie dem Betriebe wirklich nachteilig geworden sind. Fehler in einzelnen Lampen, besonders in Bogenlampen, beeinträchtigen gewöhnlich nur diese selbst und event. noch die in den gleichen Kreis geschalteten, bezw. durch die gleiche Sicherung geschützten Lampen. Am schlimmsten sind stets die Störungen, welche während des Betriebes ganz unvermittelt eintreten. Sie nötigen häufig zum Unterbrechen der Stromgebung, während wieder andere bei der nötigen Aufmerksamkeit seitens des Bedienungspersonals sich, lange bevor sie gefährlich werden, entdecken und verhüten lassen.

Störungen an Dynamomaschinen.

188. Ist ein Lager warm gelaufen, so versucht man zunächst, durch verstärktes Schmieren es zur Abkühlung zu bringen, indem man anhaltend frisches Öl in Menge hindurchlaufen lässt. Zuvor kann man eine gewisse Menge Petroleum hindurchgeben, um etwa vorhandenen Schmutz zu entfernen. Lässt die Hitze nicht nach, so

gibt man eine Mischung von Schwefelblumen mit Öl, welche man vorrätig hält und vor dem Gebrauche stark schüttelt. Wenn die Temperatur auch dann noch nicht sinkt, so muss die Dynamomaschine sofort stillgesetzt werden, um ein »Fressen« der sich reibenden erhitzten Teile zu verhüten. Selbstverständlich beschränkt man sich vorher nicht auf den Gebrauch der genannten Schmier- und Kühlmittel allein, sondern sucht auch die Ursachen des Heisslaufens nach Möglichkeit zu beseitigen, lässt also einen etwa zu stramm gespannten Riemen nach, lockert die Schrauben des Lagerdeckels u. s. w.

189. Das plötzliche Auftreten starker Funken am Kollektor lässt auf das Vorhandensein eines Kurzschlusses schliessen, dessen Lage im Stromkreise zunächst unentschieden ist. Liegt er im äusseren Stromkreise, so müssen bei einer richtig ausgeführten Leitungsanlage sehr bald die betreffenden Sicherungen durchschmelzen. Ausserdem muss der Strommesser eine abnorm hohe Stromstärke, der Spannungsmesser einen zu niederen Spannungsbetrag anzeigen, wenn nicht überhaupt gleich von Anfang der Riemen der Dynamomaschine abfliegt oder die Geschwindigkeit des Motors nachlässt. Geschieht alles dies nicht, sondern zeigt der Strommesser normalen oder gar zu geringen Strom, so lässt dies darauf schliessen, dass der Fehler in der Dynamomaschine selbst liegt. Im Falle die Funkenbildung nicht allzu stark auftritt und viel daran gelegen ist, den Betrieb zu halten, so kann man die Maschine zur Not weiter laufen lassen, muss sich jedoch häufig durch die genäherte Hand überzeugen, ob der vom Anker ausgehende Luftstrom nicht zu warm wird. Nach dem Stillsetzen wird man gewöhnlich finden, dass eine von den Ankerspulen besonders heiss geworden ist, während die mit ihr verbundenen Kollektorsegmente sich mehr oder weniger stark verbrannt zeigen. Der Grund ist dann ein Nebenschluss von geringem oder verschwindendem Widerstande zwischen den letzteren durch Metallteile oder dergl., welche sich dazwischen gesetzt haben. Ist dagegen die Funkenbildung sehr heftig, sodass das Feuer sich über einen Teil des Umfanges des Kollektors erstreckt oder gar um ihn herumschlägt, so bleibt nichts übrig, als die Maschine sofort anzuhalten, wenn man grösseren Schaden verhüten will. Es kommt jedoch auch vor, dass Feuer am Kollektor in einer lose gewordenen Bürste seinen Grund hat, sodass nach deren Befestigung alles wieder in Ordnung ist.

Wenn in der Ankerwickelung selbst Funken bemerkt werden, so stellt man am besten die Maschine still, da beim Weiterlaufen gewöhnlich das Feuer und mit ihm der Fehler sich vergrössert. Es liegt dann eine durchgeriebene oder durchgebrannte Stelle in der Isolation eines Ankerdrahtes vor, wodurch ein Nebenschluss oder Kurzschluss zwischen zwei Spulen entstanden ist. Unter Umständen

kann der Fehler auch darin bestehen, dass einerseits eine Stelle der Ankerwickelung, anderseits irgend ein anderer stromführender Teil der Dynamomaschine mit dem Eisengestell derselben Verbindung bekommen hat. Derartige Fehlerstellen in der Isolierung von Ankerdrähten werden, wenn sie gefeuert haben und nicht ganz versteckt liegen, meist schon mit dem Auge wahrgenommen. Andernfalls müssen sie durch Isolationsmessungen aufgesucht werden, zu welchem Zwecke man die Verbindungen zwischen den einzelnen Spulen lösen muss, nachdem event. der Anker aus der Maschine herausgenommen ist. Ausserdem prüft man die übrigen Teile der letzteren auf Isolation. Nachdem die Fehlerstellen ausgebessert sind, folgt eine neue Isolationsmessung der ganzen Maschine, worauf man diese zunächst zur Probe einige Zeit mit Strombelastung laufen lässt, bevor sie wieder in regelmässigen Betrieb genommen wird.

190. Zeigt sich eine Dynamomaschine stromlos beim Anlaufen, so kann zunächst die Unterbrechung einer der Schraubenverbindungen zwischen den verschiedenen Teilen des Stromkreises, an der Maschine oder am Schaltbrette, die Ursache sein. Bei Anlagen für Serienschaltung ist auch die Möglichkeit, dass die äussere Leitung unterbrochen ist. Davon, ob letzteres der Fall, überzeugt man sich, indem man bei ganz eingeschaltetem Ballastwiderstande die die Lampen enthaltende äussere Leitung für einen Augenblick durch einen dünnen Draht kurz schliesst. Zeigt sich auch dann noch kein Strom, so liegt die Störung innerhalb des Maschinenraumes. Sie kann, falls eine Unterbrechung des Stromkreises nicht gefunden wurde, noch davon herrühren, dass zwischen den Enden der Magnetwickelung Kurzschluss bezw. ein Nebenschluss von geringem Widerstande (z. B. durch das Eisengestell der Maschine hindurch) besteht.

Bei einer Nebenschluss- oder einer Compoundmaschine befindet sich der Fehler wahrscheinlich in der Maschine und deren Zubehörteilen (Nebenschlussregulator), wenn die Magnete nicht erregt sind, wovon man sich durch ein genähertes Eisenstück überzeugt. Es kann sich dann um eine Unterbrechung des die Magnetwickelung enthaltenden Nebenschlussstromkreises handeln, zu welchem auch der Regulierwiderstand und die Zuleitung zu dem letzteren gehört, oder aber um einen Kurzschluss zwischen den Bürsten, wodurch ja gleichzeitig auch die Schenkelwickelung kurz geschlossen ist, sodass sie keinen Strom erhält, oder endlich um eine Stromunterbrechung im Anker selbst, oder auch um schlechte Auflage der Bürsten. Ist dagegen Magnetismus vorhanden und zeigt gleichzeitig der an die Klemmen der Maschine gesetzte Spannungsmesser ungefähr die normale Spannung an, so liegt die Störung ausserhalb der Maschine, also entweder in der Schalttafel oder in der Hauptleitung.

Es kommt endlich, jedoch selten, vor, dass alle Teile des Stromkreises vollkommen in Ordnung sind und die mit normaler Tourenzahl laufende Maschine dennoch keinen Strom gibt. Der Grund davon ist in diesem Falle, entweder dass die Magnetspulen mit dem Anker falsch verbunden sind, oder dass die Eisenteile der Maschine den zum »Angehen« unbedingt erforderlichen remanenten Magnetismus nicht besitzen. Bei neuen Dynamomaschinen, welche überhaupt noch nicht in Betrieb waren, oder bei reparierten Maschinen ist dies manchmal der Fall; neue werden allerdings schon von dem Verfertiger beim Probelaufen magnetisiert. Aber es kommt tatsächlich hie und da vor, dass eine Maschine, die viele hundert Mal ohne Schwierigkeit angelaufen ist, plötzlich den Dienst versagt. Das Verschwinden des remanenten Magnetismus kann nur darin seinen Grund haben, dass beim vorhergegangenen Abstellen für einen Augenblick ein wenn auch schwacher Strom in verkehrter Richtung durch die Magnetschenkel gegangen ist. Es zeigen die Erscheinung hauptsächlich die zur Zeit nur noch selten vorkommenden Maschinen mit Magneten aus Schmiedeeisen, welches ja an sich nur geringen remanenten Magnetismus besitzt. Um die Maschine zum Angehen zu bringen, kann man, wenn es sich um eine Serien- oder Compoundmaschine handelt, zunächst den äusseren Stromkreis durch einen dünnen Draht für einen Augenblick kurz schliessen. Hilft dies nicht, so muss man einen Fremdstrom von einer anderen Maschine oder von Akkumulatoren oder, wenn beides nicht zur Verfügung steht, von einigen galvanischen Elementen durch die Magnetwickelung leiten.

Wenn sich beim Anlaufen ergibt, dass eine Dynamomaschine umpolarisiert ist, so ist dies nur in dem einen Falle gleichgiltig, dass die betreffende Beleuchtungsanlage ausschliesslich Glühlampen enthält, keine Akkumulatoren vorhanden sind und auch keine zweite Maschine, die mit der ersteren parallel geschaltet wird oder ein Dreileitersystem speist. Sind Bogenlampen mit installiert oder gar eine Akkumulatorenbatterie vorhanden, so muss die Maschine sofort stillgesetzt werden. Gestattet der Betrieb ein sofortiges Beseitigen der Störung nicht, so vertauscht man vorläufig die Enden der Hauptleitung gegen die Klemmen der Maschine. Um den Polen der letzteren wieder das frühere Vorzeichen zu geben, muss Fremdstrom zu Hilfe genommen werden.

191. Hat einer der stromführenden Teile einer Dynamomaschine Erdschluss, so hat dies erst dann Stromverlust zur Folge, wenn an irgend einem anderen Punkte des Stromkreises, der gegen die erstgenannte Stelle eine gewisse Spannungsdifferenz besitzt, ebenfalls eine Erdverbindung entsteht. Merkbare Störungen des Betriebes treten in diesem Falle nur dann ein, wenn der Gesamt-

widerstand der beiden Erdableitungen hinreichend klein ist. Es sollte deswegen jede Anlage mit nur einigermassen ausgedehntem Leitungsnetz einen Erdschlussanzeiger (vergl. **159**) besitzen, um derartige nicht ganz unbedeutende Ableitungen möglichst früh wahrnehmen zu können. Bei jeder Messung der Isolation der Anlage (als Apparat genügt für gewöhnlich ein einfacher Isolationsprüfer) prüft man die Dynamomaschinen auf alle Fälle mit und zwar nicht nur auf Erdschluss, sondern auch auf Verbindung mit dem Eisengestell. Gerade bei Dynamomaschinen lässt sich eine vorzügliche Isolation leicht erhalten, ungleich leichter als in den Leitungen. Verbindung mit dem Maschinengestell (sogen. Körperschluss) schadet so lange nicht, als die Ableitung sich auf eine Stelle beschränkt und die Unterlage, auf welcher die Maschine steht, gut isoliert. In beiden Beziehungen können mit der Zeit Veränderungen eintreten, und man muss deswegen jede schlechte Stelle in der Isolation einer Dynamomaschine möglichst bald zu beseitigen suchen.

192. Zucken des Lichtes kann durch verschiedene Umstände hervorgerufen werden. Erfolgt es in regelmässigen Zeitintervallen, so trägt die Betriebsmaschine oder deren Verbindung mit der Dynamomaschine die Schuld. Ersteres ist der Fall, wenn das Tempo, in welchem die Schwankungen erfolgen, mit den einzelnen Umgängen der Motorwelle übereinstimmt. Ein derartiger Fehler, der bei langsamgehenden Dampfmaschinen und einzylindrigen Gasmotoren leicht vorkommt, zeigt sich gewöhnlich schon bei Einrichtung der Anlage. Wie Abhilfe zu schaffen ist, wurde schon früher (**89**) ausgeführt. Wenn das Licht nicht in rascher Folge zuckt, sondern in längeren Perioden und mehr allmählich auf- und abschwankt, so kann dies daran liegen, dass der Regulator der Betriebsmaschine zu träge funktioniert, und es muss die Regulierung empfindlicher gemacht werden. Oft wird trotz aller Verbesserungen ein genügend gleichmässiger Gang des Motors nicht erreicht, wenn dieser z. B. mangelhaft konstruiert oder ausgelaufen ist. Dann ist nur noch durch Hinzufügen einer Akkumulatorenbatterie, welche mit der Dynamomaschine parallel auf den Stromkreis arbeitet (vergl. **70**), die gewünschte Ruhe des Lichtes zu erreichen. Periodisches Zucken der Lampen kann auch bei vollkommen genügender Betriebsmaschine durch Fehler am Treibriemen verursacht sein, z. B. durch ein Riemenschloss, welches bei jedem Auflaufen auf die Riemenscheibe der Dynamomaschine einen Stoss verursacht, weswegen die Verwendung dieser Verbindungsart, wie früher erwähnt, unstatthaft ist; ferner dadurch, dass an einer geleimten oder genähten Riemenverbindung ein Lappen sich teilweise losgelöst hat und vorsteht. Derartige Übelstände sind sofort nach Abstellung des Betriebes zu beseitigen. Auch ein ge-

lockerter Riemen, der zeitweise gleitet, kann Schwankungen in der Umdrehungszahl und damit der Lichtstärke der Lampen veranlassen. In diesem Falle kann natürlich sofort während des Betriebes Abhülfe geschafft werden.

Als weitere mögliche Ursachen von Schwankungen der Spannung bezw. der Lichtstärke sind noch zu erwähnen: Unrunde Oberfläche des Kollektors. Die Bürsten hüpfen in diesem Falle bei jeder Umdrehung etwas, bald mehr, bald weniger, wodurch der Übergangswiderstand an den Berührungsstellen Schwankungen erfährt. Meist sind bei derartigen schlechten Stromabgebern auch die Bürsten ungleichmässig abgelaufen, ausgefasert u. s. w. Starke Funken pflegen selten zu fehlen und führen leicht zur Ermittelung des Sitzes der Störung. Solange der augenblickliche Betrieb andauert, sucht man durch festeres Aufdrücken der Bürsten unter Anwendung von etwas Öl das Übel zu vermindern. Beseitigt wird dieses nur durch Abdrehen des Kollektors und Beschneiden der Bürsten, bezw. Ersatz durch neue. Öfter trägt auch das Lockerwerden einer Bürste in ihrer Klemmfassung, wodurch sie auf dem Kollektor rutscht und hüpft, die Schuld an derartigen Unregelmässigkeiten.

193. Das Heisswerden der Drahtwickelung einer neu in Betrieb genommenen Dynamomaschine lässt auf fehlerhafte Dimensionierung der Drahtquerschnitte schliessen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Drähte des Ankers und jede Hauptstromwickelung (Serienwickelung) bei der Maximalstromstärke, die Nebenschlusswickelung einer Nebenschlussmaschine oder Compoundmaschine dagegen beim Strome null (entsprechend der höchsten Spannung an den Bürsten) sich am stärksten erwärmen und dass die Temperatur, je nach den Massen der Maschine, erst nach einer bis mehreren Stunden konstant wird. Tritt dagegen bei einer Maschine, welche sich für gewöhnlich normal (etwa 30° über die Temperatur der Umgebung) erwärmt, plötzlich starke Erhitzung der Anker- und Hauptstromwickelung ein, ohne dass sich am Strommesser und aus anderen Anzeichen ein abnorm hoher Stromverbrauch im äusseren Kreise erkennen liesse, so liegt eine Nebenschliessung durch das Gestell der Maschine selbst oder zwischen den Hauptleitungen, eventuell durch Vermittelung der Erde, vor dem Strommesser vor, sodass der Nebenstrom vom Strommesser nicht angezeigt werden kann. Steigt die Temperatur so hoch, dass Gefahr für die Isolierung der Drähte vorhanden ist, so bleibt nichts übrig, als die Dynamomaschine stillzusetzen und den Fehler, falls er sich nicht mit dem Auge erkennen lässt, durch Isolationsprüfung aufzusuchen und zu beseitigen.

194. Sehr erhebliche Beschädigungen können an einer Dynamomaschine dadurch entstehen, dass Teile der Drahtwickelung des

Ankers sich mit der Zeit lockern. Durch die zwischen Polschuhen und Anker auftretenden starken magnetischen Kräfte, welche zudem auf die einzelnen Teile der Wickelung nicht stetig wirken, sondern bei jedem Vorbeigang an einem Magnetpol ein Maximum erreichen, um dann wieder auf null herabzusinken, sowie durch die Wirkung der Zentrifugalkraft werden die Drähte da, wo sie nicht sehr solide befestigt sind, leicht gelockert. Nimmt diese Lockerung zu, so kann es bei dem geringen im Magnetfelde vorhandenen Spielraume bald so weit kommen, dass die Drahtwindungen an einzelnen Stellen an den Polschuhen zu streifen beginnen. Dies hat ein Durchreiben der Isolierung zur Folge und kann, wenn keine Abhülfe geschieht, zum baldigen völligen Unbrauchbarwerden des Ankers führen. Jedes Anstreifen des Ankers an die Magnete wird leicht an dem veränderten Geräusch der Maschine erkannt; ja schon eine Lockerung der Ankerdrähte kann sich dadurch, dass dieselben beim Vorbeigang an den Magnetpolen vibrieren, durch ein besonderes Geräusch verraten. Ein Fehler der genannten Art muss, sobald er bemerkt wird, möglichst im Entstehen beseitigt werden. Meistens wird man jedoch genötigt sein, dazu die Hülfe des Erbauers der Maschine oder einer sonstigen im Bau von Dynamomaschinen erfahrenen Werkstätte in Anspruch zu nehmen.

Die Möglichkeit des eben genannten Fehlers ist bei den sogen. Nutenankern (vergl. S. 30) so gut wie ausgeschlossen, und dieser Umstand hat mit zu der raschen Verbreitung dieser Ankerform geführt.

Das Anstreifen des Ankers an die umgebenden feststehenden Teile kann jedoch unter Umständen auch einer anderen Ursache entspringen. Es kann sich ein Stellring, der den Spielraum der Welle in ihrer Längsrichtung begrenzt, gelockert und damit die Welle sich verschoben haben, oder der Anker selbst hat eine Verschiebung erlitten, oder es sind, z. B. bei einer älteren Maschine, die Lager oder die den Spielraum der Welle fixierenden Anschläge so weit ausgelaufen, dass Teile des Ankers bei den Verschiebungen der Welle die Polschuhe streifen. In diesem Falle müssen, abgesehen von der sorgfältigen Wiederherstellung der etwa beschädigten Isolierung, neue Lagerschalen eingesetzt, bezw. der Spielraum der Welle mit Hülfe geeigneter aufgesetzter Ringe wieder genügend verengert werden.

Störungen an Akkumulatoren.

195. Die im Betriebe von Akkumulatorenbatterien am häufigsten auftretenden Störungen sind in früheren Kapiteln zum grossen Teile schon erwähnt worden. Sie seien deswegen hier nur ganz kurz zusammengefasst.

Bleibt ein Element in der Gasentwickelung erheblich zurück hinter den übrigen, so liegt ein Nebenschluss von mehr oder minder grossem Widerstande zwischen den Platten vor, durch welchen sich die Zelle auch während der Ruhe allmählich entlädt. Die Ursache davon können Gegenstände sein, welche sich zwischen benachbarten Platten festgesetzt haben, z. B. Metallteile, herausgetretene Füllmasse, oder es haben sich eine oder mehrere positive Platten »geworfen«, sodass sie an einzelnen Punkten die benachbarten negativen Platten berühren. Die Beseitigung des Fehlers muss unverzüglich geschehen. Stehen die Platten in Glasgefässen, sodass man zwischen den ersteren durchleuchten kann, so lässt sich die Ursache der Unregelmässigkeit rasch finden und häufig auch leicht beseitigen. Bei Elementgefässen aus Holz, Hartgummi oder dergleichen bleibt meistens nichts übrig, als die Platten herauszunehmen. Das Gleiche muss auch bei Glasgefässen geschehen, wenn es sich um Krümmung von Platten handelt. Im Falle die Reparatur des fehlerhaften Elementes nicht in wenigen Stunden erledigt ist, muss die Betriebsfähigkeit der Batterie einstweilen wieder hergestellt werden. Dies geschieht so, dass man, nach Herausnahme des schlechten Elementes durch Durchschneiden bezw. Durchsägen der angelöteten Bleileisten, die entstandene Lücke durch ein an die Pole der benachbarten Zellen geschraubtes Draht- oder Kabelstück überbrückt. Falls man genötigt ist, aus dem entfernten Elemente die Platten herauszunehmen, stellt man diese, solange nicht daran gearbeitet wird, in verdünnte Schwefelsäure. Insbesondere dürfen die negativen möglichst wenig der Luft ausgesetzt werden, da sie sonst unter Erhitzung stark oxydieren. Auch achtet man darauf, dass nicht durch Abstreifen oder Abkratzen Füllmasse von den Platten entfernt werde. Krumm gewordene Platten werden gerade gerichtet und am besten mit den Bleistreifen frisch verlötet. Überhaupt sind bei derartigen grösseren Reparaturen meist Bleilötungen auszuführen, sodass ein mit dieser Arbeit vertrauter Monteur erforderlich ist.

Bei Akkumulatoren, deren Platten nicht hängen, sondern auf festen Unterlagen aufstehen, kann eine allmähliche Abnahme der Kapazität dadurch eintreten, dass herabgefallene Füllmasse zwischen den einzelnen Platten kleine leitende Brücken bildet, welche einen zwar langsamen, aber stetig andauernden Stromübergang verursachen. Nach Entfernung dieser abgefallenen Teile und mehrmaliger Überladung ist die Batterie wieder in gutem Zustande. Wenn die Platten auf genügend hohen Leisten aus Holz, Glas oder dergl. stehen, wie es (falls sie nicht hängen) gewöhnlich der Fall ist, entfernt man die zwischen den Platten aufgehäufte Masse dadurch, dass man sie mittels Holz- oder Glasstäben auf den Gefässboden herabwirft und hier ver-

teilt. Stehen die Platten jedoch nicht hoch genug, oder ist die Menge der abgefallenen Füllmasse mit der Zeit sehr gross geworden, so bleibt nichts übrig, als die Platten herauszunehmen und die Gefässe gründlich zu reinigen. Die Reparatur ist in diesem letzteren Falle, wenn sich der Fehler auf zahlreiche Zellen erstreckt, eine zeitraubende und nicht eben billige Arbeit, da meist eine Demontierung der ganzen Batterie erforderlich wird.

196. Ist ein Gefäss infolge Springens oder Undichtheit ausgelaufen, ohne dass es rechtzeitig bemerkt wurde, so ist damit die elektrische Verbindung innerhalb der Batterie unterbrochen. Das betreffende Element muss herausgenommen und die Stelle in der oben angegebenen Weise überbrückt werden. Die Platten der defekten Zelle werden in ein neues Gefäss gesetzt, was bei kleineren Elementen oft, insbesondere wenn mehrere Personen anfassen, durch einfaches Hinüberheben geschehen kann. Bei grösseren Zellen müssen die Platten von den Verbindungsleisten abgeschnitten, in das neue Gefäss eingebaut und frisch verlötet werden. Elemente, welche behufs Reparatur aus einer Batterie herausgenommen wurden, haben meist alle Ladung verloren und müssen, bevor sie wieder benutzt werden können, den übrigen Zellen in der Ladung »nachgebracht« werden. Am einfachsten geschieht dies so, dass man die Zelle in die bis zur normalen Grenze entladene Batterie einschaltet und die letztere so lange überlädt, bis auch das reparierte Element reichliche Gasbildung anzeigt. Zur Vermeidung solcher Stromvergeudung kann man auch die in die Batterie wieder eingestellte, aber mit ihren Nachbarn noch nicht definitiv verbundene Zelle bei einigen aufeinander folgenden Ladungen der Batterie mit einschalten, bei den dazwischenliegenden Entladungen aber ausschalten und überbrücken, bis sie so durch gründliche Überladung ihre normale Kapazität wieder erlangt hat.

197. Ein den Betrieb störender Erdschluss kann bei einer mit den in Abschnitt II beschriebenen Vorsichtsmassregeln aufgestellten Akkumulatorenbatterie kaum entstehen. Dagegen gelingt es nicht, den Isolationswiderstand der Batterie dauernd auf einem hohen Betrage, wie er bei Dynamomaschinen und in einem mässig grossen Leitungsnetze unschwer erreicht werden kann, zu erhalten. Die Feuchtigkeit im Batterieraum, vorwiegend aber der durch die aufsteigenden Gase gegen Ende jeder Ladung mitgerissene Säuredunst, überzieht die Gefässe, die Holzgestelle und die Isolatoren, auch deren nach innen und unten gerichtete Flächen, sowie Ölfüllungen nach und nach mit einer schwach leitenden Schicht. Dadurch sinkt die Isolation der Batterie auf einen mässigen Betrag, der aber mit der Zeit ungefähr konstant wird. Dieser ist jedoch bei richtig aufgestellten Batterien immer noch so hoch, dass er für den Betrieb keinerlei

Benachteiligung bietet. Mit Rücksicht hierauf müssen bei jeder Prüfung der Isolation der übrigen Teile der Anlage die Verbindungsleitungen mit der Batterie vom Schaltbrette abgenommen werden. In diesen Zuleitungen zur Batterie kann sich übrigens ein schädlicher Erdschluss im allgemeinen viel eher ausbilden als an den Elementen selbst. Wie ein innerhalb der Batterie liegender wirklicher Erdschluss aufgesucht wird, wurde schon in **167** gezeigt.

198. Wenn es bei normaler Klemmenspannung der Dynamomaschine beim Laden nicht gelingt, die Stromstärke auf die erforderliche Höhe zu bringen und die Batterie beim Entladen, trotz guten Zustandes der Elemente, nicht die volle Klemmenspannung zeigt, so kann ein schlechter Kontakt an irgend einer der vorhandenen Verbindungsstellen vorliegen. Stellt man, wie es in früherer Zeit geschah, die Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen der Batterie, mit den Leitungen von den Polen derselben, und von den einzelnen Schaltelementen zum Zellenschalter mittels Klemmschrauben her, so liegt die Gefahr einer Oxydation derartiger Verbindungsstellen durch heraufgekrochene Säure und Säuredunst vor, sodass unter allen Umständen Übergangswiderstände von allmählich wachsendem Betrage entstehen, welche den Gesamtwiderstand der Batterie mehr und mehr erhöhen und häufige Besichtigung und Reinigung der Kontaktflächen erforderlich machen. Man führt deswegen, wie schon früher erwähnt, heutzutage sämtliche Verbindungen an der Batterie, sowohl der Elemente untereinander als mit den von ihnen ausgehenden Leitungen, am besten durch Lötung aus.

Es kommen hier und da auch Störungen an Akkumulatoren vor (z. B. Verminderung der Kapazität, erhebliche Abnahme der Ladung, wenn die Elemente einige Tage stehen u. s. w.), welche in einer chemischen und physikalischen Veränderung der aktiven Masse oder in nicht geeigneter Beschaffenheit der verwendeten Schwefelsäure ihren Grund haben. Hält die Batterie die Ladung nicht eine Anzahl Tage lang und zeigen die negativen Platten während der Ruhe anhaltende Gasentwickelung, so trägt häufig die Säure die Schuld. Sie enthält Spuren von Metallen, insbesondere Kupfer, welche sich bei der Ladung auf den negativen Platten absetzen und durch elektrolytische Wirkung eine Verwandlung des Schwammbleies in Bleisulfat unter Wasserstoffentwickelung verursachen. Zeigt die Batterie diesen Fehler, so lässt man sie, nachdem sie geladen worden, ruhig stehen, bis die negativen Platten ihre Ladung ganz verloren haben. Hierauf lädt man die Elemente kurze Zeit in verkehrter Richtung, bis die negativen Platten sich leicht zu bräunen beginnen, unterbricht dann die Ladung, entleert die Zellen und füllt sie mit neuer, guter Säure. Zuvor kann man sie einmal auswässern. Sollte

nach dieser Behandlung der Batterie der Übelstand noch nicht völlig behoben sein, so wiederholt man das Verfahren, ersetzt jedoch nach dem Entleeren der Zellen die negativen Platten durch neue, füllt mit guter Säure und verfährt dann wie bei der ersten Ladung einer neuen Batterie. Die genannte Erscheinung der raschen Abnahme der Ladung, verbunden mit »Nachkochen« der negativen Platten, scheint nicht vorzukommen bei Verwendung einer Schwefelsäure, aus welcher bei der Fabrikation die erwähnten Metallspuren durch Schwefelwasserstoff oder ein geeignetes Sulfid ausgefällt worden sind. Auch von Chlor soll die Säure völlig frei sein.

Noch eine andere Art der allmählichen Abnahme der Kapazität wird bei den negativen Platten häufig beobachtet. Diese bildet sich allmählich aus und äussert sich in der Weise, dass die negativen Platten immer weniger Ladung aufzunehmen vermögen, selbst wenn man stundenlang überlädt. Man beobachtet in diesem Falle eine Art Schrumpfung oder Verdichtung der aktiven Masse der negativen Platten, also eine Verminderung ihrer Porosität. Abhülfe lässt sich nur durch Einsetzen neuer Platten bewirken. Es kommen hier und da noch andere störende Erscheinungen an Akkumulatoren vor, die jedoch in ihrem Wesen und ihren Ursachen noch so wenig aufgeklärt sind, dass hier nicht näher darauf eingegangen werden kann.

Störungen im Leitungsnetze.

199. Von den Fehlern, welche in den Leitungen und deren Zubehörteilen (Ausschalter, Sicherungen u. s. w.) auftreten können, sei zunächst der Erdschluss genannt. Dieser schadet, wie schon früher bemerkt, so lange nicht, als er im ganzen Stromkreise nur an einer einzigen Stelle vorkommt. Da aber stets die Möglichkeit besteht, dass irgend ein anderer Punkt, der gegen den ersteren eine Spannungsdifferenz besitzt, ebenfalls Erdableitung erhält, so muss man bestrebt sein, den Fehler auch in dem genannten Falle tunlichst zu beseitigen. Wie weit eine Erdableitung dem Betriebe schädlich ist, hängt von ihrem Widerstande ab. Beträgt dieser mehrere tausend Ohm, so stört er weiter nicht, wenn die Anlage mit 65 oder 110 Volt betrieben wird. Das Vorhandensein der Ableitung lässt sich dann nur mit einem empfindlichen Erdschlussanzeiger (vergl. **159** und **164**) nachweisen, während die einfacheren, aus Glühlampen bestehenden Vorrichtungen kaum etwas erkennen lassen. Gewöhnlich wird ein derartiger Erdschluss von grösserem Widerstande zuerst dadurch entdeckt, dass man beim Berühren des einen Poles der Leitung oder der Dynamomaschine eine elektrische Erschütterung verspürt. Die Ableitung sitzt dann wesentlich in den mit dem anderen Pole verbundenen Teilen der Leitung. Sobald zwei Erdschlussstellen vor-

handen sind, findet durch dieselben Stromverlust statt. Ist der Erdschlusswiderstand klein genug, so wird der Fehler daran erkannt, dass Glühlampen, welche durch die fehlerhaften Teile der Leitung gespeist werden, nicht mit der vollen Lichtstärke brennen, bei grösserem Stromverluste daran, dass der die Dynamomaschine antreibende Motor sich stark belastet zeigt, eventuell nicht die volle Geschwindigkeit zu erreichen vermag, selbst dann, wenn nicht alle Lampen eingeschaltet sind. Je nach der Lage der Fehlerstellen zeigt dabei der Strommesser eine entsprechend hohe Stromstärke, oder aber nur den Strom an, welcher durch die gerade brennenden Lampen geht. Bei durchaus zweipolig gesicherter Leitungsanlage kann ein derartiger Fehler nur dann längere Zeit ohne Durchschmelzen von Sicherungen bestehen, wenn beide Erdschlussstellen sich nur in der Stromquelle, der Schalttafel und den Teilen der etwaigen Hauptleitung befinden, welche vor dem ersten Verzweigungspunkte liegen, vorausgesetzt, dass die am Schaltbrette befindliche Hauptsicherung die erhöhte Stromstärke noch aushält.

Ein derartiger, bereits stark ausgebildeter Erdschluss muss selbstverständlich sofort beseitigt werden. Die Aufsuchung der Fehlerstellen geschieht durch Isolationsprüfung der einzelnen Leitungsteile in der im vorigen Abschnitte beschriebenen Weise. Ein einfacher Isolationsprüfer genügt dazu. Sind nur zweipolige Sicherungen vorhanden, so sind die Ableitungsstellen sehr rasch aufgefunden. Auch Erdschlüsse von verhältnismässig grossem Widerstande darf man, wie schon wiederholt hervorgehoben, keineswegs ruhig fortbestehen lassen, da solche Fehlerstellen meist die Neigung zeigen, ihren Widerstand, hauptsächlich infolge des Einflusses der an ihnen wirksamen Spannungsdifferenzen, allmählich zu vermindern.

Einen Erdschluss, welcher nach Angabe des Erdschlussanzeigers im einen Pole eines stark verzweigten Leitungsnetzes liegt und welchen aufzusuchen die Zeit fehlt, kann man auch »ausbrennen«, indem man den anderen Pol der Stromquelle durch Verbinden mit der Wasser- oder Gasleitung absichtlich an Erde legt. Es schmilzt dann die Bleisicherung, die den betreffenden Teil des Leitungsnetzes schützt, und an dem Ausgehen der Lampen wird die Gegend des Fehlers entdeckt. Doch eignet sich diese Art der Aufsuchung, wenn man sie überhaupt anwenden will, nur für den Fall, dass der Erdschluss in einer der dünneren Zweigleitungen, nicht in einer Hauptleitung liegt. Man schaltet deswegen zwischen den Maschinenpol und die Erde eine Schmelzsicherung für geringe Stromstärke, dann eine grössere ein u. s. f. Schmelzen dieselben alle der Reihe nach, so hebt man, sobald man bei einer gewissen Stromstärke angelangt ist, die Erdverbindung auf und sucht den Fehler durch Isolationsprüfung.

Häufig vorkommende Ursachen von Erdschlüssen sind z. B. Anliegen von Leitungen an Wänden auf längere Strecken oder an Mauerdurchführungen unter gleichzeitiger Einwirkung von Feuchtigkeit; Berührung von Leitungsteilen, deren Isolierung teilweise oder ganz durchgerieben oder feucht geworden ist, mit Gas- oder Wasserröhren; Verbindungen mit derartigen Röhren durch Krampen oder Nägel, welche die Isolierhülle der elektrischen Leitung verletzt haben u. s. w. Im allgemeinen treten Erdschlüsse um so seltener auf, je sorgfältiger beim Verlegen der Leitungen die in Abschnitt IV ausführlich behandelten Vorsichtsmassregeln beobachtet worden sind.

200. Ein Nebenschluss zwischen zwei mit ungleichen Polen verbundenen Leitungsteilen, der nicht zugleich auch Erdschluss ist, kann ebenfalls häufig eintreten, insbesondere an Beleuchtungskörpern und in Lampenfassungen durch metallische Berührung blanker Teile. In diesem Falle findet an der Kontaktstelle eine Verbrennungserscheinung statt, während die zugehörige Bleisicherung durchschmilzt und damit weiteren Schaden verhütet. Derartige Kurzschlüsse sind deswegen auch weniger gefährlich als die eigentlichen Nebenschlüsse, welche kein so starkes Anwachsen der Stromstärke zur Folge haben, dass eine Sicherung schmilzt. Sie liegen vor, wenn die Berührung zwischen beiden Leitungsteilen keine vollkommen metallische ist, sondern noch einen mehr oder minder hohen Widerstand besitzt. So z. B. bei teilweise verletzter Isolierung an Berührungsstellen, Verschlingung lose hängender und dabei feuchter Leitungen, bei Kontakt zwischen Metallkrampen oder Stiften innerhalb des Holzes, in welches dieselben eingeschlagen sind, infolge von metallischen Adern in den feuersicheren Grundplatten zweipoliger Sicherungen oder Ausschalter u. s. w. Störungen dieser Art können häufig am Orte der Stromquelle mittels der Messinstrumente des Schaltbrettes oder aus dem Verhalten der Dynamomaschine gar nicht wahrgenommen werden. Trotzdem können sie infolge des Stromüberganges an den betreffenden Stellen, durch welchen stets Wärme erzeugt wird, Gefahr bringen, dadurch dass sie starke Erhitzung und schliesslich Entzündung benachbarter brennbarer Gegenstände zur Folge haben. Wird nun auch die Temperaturerhöhung an der Kontaktstelle oft nicht bemerkt, bevor sie zu einer Entzündung geführt hat, so hat ein einigermassen erheblicher Stromverlust durch die Nebenschliessung doch meist ein Dunklerbrennen der an derselben Leitung (falls diese geringen Querschnitt besitzt) hängenden Glühlampen zur Folge. Wenn dies dem mit der Wartung der Anlage Betrauten früh genug mitgeteilt wird, so lässt sich der Fehler noch bei Zeiten finden und beseitigen. Durch zeitweilige Prüfung der Isolation der beiden Leitungshälften der Anlage gegeneinander werden derartige Nebenschliessungen ja ebenfalls

entdeckt; allein gerade diese Art der Prüfung ist zu umständlich, als dass sie häufiger vorgenommen werden könnte, da sie ja das Herausnehmen sämtlicher Lampen aus ihren Fassungen erforderlich macht.

Ein wirklicher Kurzschluss tritt im allgemeinen nicht häufig ein, wenn er nicht gerade durch mutwillige Hände hervorgerufen wird, und ist, wie bereits erwähnt, durch das Schmelzen der bezüglichen Sicherung rasch unschädlich gemacht. Nur wenn ein solcher in der Hauptleitung für den noch unverzweigten Strom auftritt, kann er einer Dynamomaschine Schaden bringen, da die Hauptsicherung doch erst bei einer sehr erheblichen Erhöhung des Stromes über den normal zulässigen Betrag durchschmilzt. Der Kollektor zeigt in diesem Falle starke Funken, und der der Maschine eigentümliche Ton gewinnt bedeutend an Stärke, während die Tourenzahl abnimmt. Im Falle nun nicht gleich die Hauptsicherung schmilzt oder der Riemen abfliegt, ist sofort der Hauptausschalter oder der Magnetstromkreis zu öffnen. Ist ein bei zu hohem Strome in Tätigkeit tretender selbsttätiger Ausschalter zum Schutze der Maschine vorhanden, so besorgt dieser die Ausschaltung, falls die Stromstärke hoch genug steigt. Zweipolige Ausschalter sind für derartige Fälle die besten, da sie die Bildung eines Flammenbogens an der Unterbrechungsstelle sicherer verhindern.

201. Es können ferner durch schlechten Kontakt an Verbindungsstellen, welche durch Verschraubung oder mittels Einklemmens zwischen Federn, wie bei Ausschaltern und manchen Lampenfassungen, hergestellt sind, Unzuträglichkeiten entstehen. Ursachen davon sind: Lockerung von Schrauben, Lahmwerden von Federn, Oxydation. Derartige Störungen, welche Erhitzung der Kontaktstelle zur Folge haben und unter Umständen zu Entzündungen führen können, lassen sich im Maschinenraume nicht wahrnehmen. Sie werden aber fast immer am schlechten Brennen der von der betreffenden Leitung gespeisten Glühlampen erkannt. Schon aus diesem Grunde ist zu wünschen, dass der Aufseher der Anlage, wie bereits mehrfach empfohlen wurde, auch während des Betriebes die zu beleuchtenden Räume von Zeit zu Zeit behufs Beobachtung der Lampen durchgeht, da mässige Änderungen der Lichtstärke von Laien häufig übersehen werden.

Das Ausgehen einzelner Glühlampen rührt gewöhnlich vom Durchbrennen des Kohlefadens, seltener vom Lockern der Lampe in ihrer Fassung, dasjenige mehrerer Lampen zu gleicher Zeit vom Durchschmelzen einer Sicherung her.

202. Störende Erscheinungen an Bogenlampen sind am häufigsten derart, dass die Lampe nicht reguliert und das Licht infolgedessen ungleichmässig ist. Wenn die Lampe nicht hell brennt,

sondern »schmort«, sitzen die Kohlen zusammen, sodass kein Lichtbogen zu stande kommt. Die Stromstärke ist dann gewöhnlich zu hoch und der Vorschaltwiderstand wird heiss, unter Umständen glühend. Der Grund des Fehlers ist entweder, dass der Bogenbilder an sich nicht richtig funktioniert, oder dass er nicht imstande ist, die Kohlen auseinander zu ziehen, weil bewegliche Teile infolge von Oxydation oder Staub starke Reibung erleiden, oder dass die Kohlen zusammengebacken sind, was bei schlechtem Kohlenmaterial vorkommt. Eine andere, häufig zu beobachtende Erscheinung ist die übermässige Vergrösserung des Lichtbogens. Dieser flackert in solchem Falle, sodass die Lichtstärke schwankt; das Nachschieben geschieht unregelmässig, ja die Lampe verlischt zuweilen. Der Grund ist in der zu geringen Wirkung der Nebenschlussspule zu suchen. Diese rührt entweder davon her, dass die Lampe von vornherein nicht gut ausreguliert war, oder von nicht richtiger Bemessung des Drahtquerschnittes, sodass er zu stark mit Strom belastet ist, infolgedessen der Draht sich erhitzt, was Vergrösserung des Widerstandes zur Folge hat. Damit sinkt aber die Stromstärke in der Spule, und der zum Regulieren erforderliche Betrag wird erst bei einer immer grösser werdenden Bogenlänge erreicht. Ein weiterer Grund des schlechten Regulierens kann bei Nebenschlusslampen in der Oxydation von Kontaktstellen liegen, an welchen beim jedesmaligen Nachschieben ein Funke sich bildet, oder endlich in vermehrter Reibung der von der Nebenschlussspule beeinflussten beweglichen Teile infolge von Verstaubung oder Oxydation durch Witterungseinflüsse.

Die vorstehend genannten Übelstände, soweit sie nicht mangelhafter Konstruktion entspringen, können bei richtiger, sorgsamer Behandlung der Bogenlampen kaum eintreten, jedenfalls aber nicht zu so störender Höhe sich steigern. Wenn Kohlenhalter, Führungsstangen u. s. w. in der unter **185** beschriebenen Weise beim jedesmaligen Einsetzen neuer Kohlen gereinigt werden, wenn ferner etwa monatlich das Werk geöffnet und von Staub und Oxyd vorsichtig befreit wird und der Wärter nicht versäumt, die Lampen während des Brennens öfter zu beobachten, so muss eine gut konstruierte und von Anfang richtig ausregulierte Bogenlampe dauernd gut brennen. Bei Lampen, welche im Freien aufgehängt sind, kommt es freilich sehr darauf an, dass Reguliermechanismus und Kohlenhalter möglichst vollkommen vor den Einflüssen der Witterung geschützt sind, dass insbesondere auch bei stürmischem Wetter der Regen, sowie der Staub keinen Zugang zu den genannten Teilen finden. Dabei spielt die Art und Weise, wie die Zuleitungen eingeführt sind, eine grosse Rolle. Anderenfalls lässt sich auch bei sonst vorzüglicher Konstruktion ein dauernd gutes Arbeiten der Regulierung nur durch

sehr häufiges Nachsehen und Reinigen erhalten. Auch bei Lampen, welche für Innenräume bestimmt sind, soll die Schutzkapsel möglichst dicht schliessen, um das Werk vor dem Eindringen des Staubes zu schützen.

Es sei noch bemerkt, dass an den Zuführungsstellen des Stromes bei starkem Bewegen der Bogenlampen durch Wind metallische Verbindung mit dem Gehäuse unter Umständen eintreten kann, welche, wenn sie an beiden Polen zugleich erfolgt, oder wenn an einem der inneren Teile schon eine Verbindung des einen Poles mit dem Lampenkörper sich ausgebildet hat, das Auftreten starker Funken, verbunden mit beträchtlicher Erhöhung der Stromstärke und vorübergehendem Verlöschen des Lichtes, verursacht. Lose hängende Ketten, wie sie zum Herablassen der Glasglocke häufig benutzt werden, können besonders leicht zu der genannten störenden Erscheinung Anlass geben. Solche Ketten müssen deswegen entweder nur in ganz kurzen Bogen aufgehängt werden, oder man ersetzt sie durch eine andere geeignete Vorrichtung. Die Zuführungskabel isoliert man bis zu der Stelle, wo sie in die Polklemme der Lampe eintreten, und umwickelt sie in der Nähe des Gehäuses noch besonders mit Isolierband. Zu Erdschlüssen können Ableitungsstellen der genannten Art niemals werden, wenn die Bogenlampen, wie es in **136** verlangt wurde, isoliert aufgehängt sind.

Störungen an der Schalttafel.

203. Störungen, welche an der Schalttafel eintreten können, dürften im allgemeinen selten den Betrieb erheblich schädigen, da sie sich bei der steten Aufsicht, der dieser Teil der Anlage unterliegt, rasch entdecken und beseitigen lassen. Hierher gehören: Schlechter Kontakt an Schraubenverbindungen, sowie an Aus- und Umschaltern und regulierbaren Widerständen. Liegen erhebliche Übergangswiderstände an derartigen Verbindungsstellen vor, so äussert sich der Fehler durch Erhitzung der bezüglichen Teile, welche durch das Gefühl oder am Braunwerden des Metallfirnisses oder dergl. bald wahrgenommen wird.

Die Ausbildung eines störenden Nebenschlusses kann am Schaltbrette dadurch vorkommen, dass Befestigungsteile von Leitungen oder Leitungsteilen (Schrauben, Krampen) insbesondere solcher, welche auf der Rückseite laufen, einander berühren, durch metallische Adern in der Grundplatte, sowie durch Feuchtigkeit. Dass der Fehler in der Schalttafel liegt, wird daran erkannt, dass nach dem Öffnen aller Hauptausschalter noch Strom vorhanden ist, oder, falls die Fehlerstelle hinter den genannten Ausschaltern liegt, durch Isolationsmessung.

sondern »schmort«, sitzen die Kohlen zusammen, so
bogen zu stande kommt. Die Stromstärke ist dann
hoch und der Vorschaltwiderstand wird heiss,
glühend. Der Grund des Fehlers ist entweder,
an sich nicht richtig funktioniert, oder dass
die Kohlen auseinander zu ziehen, weil bew
Oxydation oder Staub starke Reibung erle
zusammengebacken sind, was bei schl
kommt. Eine andere, häufig zu beob
übermässige Vergrösserung des Lichtb
Falle, sodass die Lichtstärke schw
unregelmässig, ja die Lampe ve
der zu geringen Wirkung der
rührt entweder davon her,
gut ausreguliert war, oder
querschnittes, sodass er
der Draht sich erhitzt
Folge hat. Damit s
der zum Regulieren
grösser werdende ... von der
schlechten Regu ... der Spannungsmesser die
von Kontaktst ... muss dann das Instrument entweder
ein Funke ... iert oder es muss mit einem zuverlässigen
der Neber ... verglichen und der für die Anlage normale Wert
Verstaub ... durch eine Marke bezeichnet werden. Was hier bei
D ... Parallschaltungsanlage vom Spannungszeiger gesagt ist, gilt
haft ... für Serienschaltung von Glühlampen für den Strom-
Be ... Bogenlampen können dagegen eine etwas zu hohe Strom-
stärke meist ohne Schaden vertragen.

Es tritt ferner bei den sogen. Spannungsweckern mit der Zeit eine Veränderung des Betrages, auf welchen sie eingestellt sind, ein, wie bereits früher erwähnt wurde. Man kontrolliert deswegen von Zeit zu Zeit durch Vergleichung mit dem Spannungsmesser und justiert erforderlichen Falles aufs neue. Ebenso können die Relais, welche zu Einrichtungen für Fernspannungs-Regulierung gehören, mit der Zeit Störungen zeigen. Doch handelt es sich dann meistens um Verschlechterung der Kontaktstellen durch Oxydation oder Schmutz, welche leicht zu beseitigen ist. Überhaupt bedürfen alle derartigen Apparate für selbsttätige Regulierung, sowie die automatischen Ausschalter, Zellenschalter u. s. w. einer häufigen Besichtigung und Reinigung, wenn sie dauernd zuverlässig arbeiten sollen. Allen Kontaktstellen, insbesondere Schleifkontakten, ist dabei besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

...sehen und Reinigen erhalten. Auch bei Lampen,
...me bestimmt sind, soll die Schutzkappe möglichst
...as Werk vor dem Eindringen des Staubes zu
... an den Luftführungsstellen des Stromes
...Lampen durch Wind metallische Ver-
...standen eintreten kann, welche,
... oder wenn an einem der
... Poles mit dem Lampen-
... Funken, verbunden
... vorübergehenden

Es ist selbstverständlich nicht möglich, an dieser Stelle alle Störungen und deren Ursachen aufzuführen, welche in einer Anlage für elektrische Beleuchtung eintreten können. Die einfacheren und häufiger vorkommenden können meistens durch den Maschinisten oder den Schaltbrettaufseher aufgefunden und beseitigt werden. In schwierigeren Fällen muss ein geübter Monteur oder ein Ingenieur zu Hülfe gerufen werden. Die Ermittelung und Beseitigung von Fehlern gelingt um so schneller, wenn nicht planlos, probierend, sondern rationell zu Werke gegangen wird. Dazu ist aber ausser Kenntnissen und genügender Erfahrung vor allem ruhige Überlegung erforderlich.

VII.

Besondere Verhältnisse der an Zentralstationen angeschlossenen Beleuchtungsanlagen.

204. Beleuchtungsanlagen für die Abnehmer eines Elektrizitätswerkes, welches ganze Stadtgebiete mit Strom versorgt, zeigen bezüglich der Ausführung der Leitungen und deren Zubehörteile, sowie der Lampen und Beleuchtungskörper keinerlei Verschiedenheit gegenüber einer Einzelanlage. Dagegen fehlen die Einrichtungen zur Erzeugung, Aufspeicherung und Regulierung des Stromes, während ein Apparat zum Anzeigen bezw. Registrieren des Stromverbrauches hinzukommt.

Von der an dem betreffenden Grundstücke vorüberführenden Haupt-Verteilungsleitung, welche in grösseren Städten meistens in der Erde, in kleineren gewöhnlich oberirdisch läuft, ist eine Abzweigung bis in das dem Stromabnehmer gehörige Gebäude eingeführt. Hier endigt der Einführungsstrang (die sogen. Hausanschlussleitung) an einer mehrpoligen Schmelzsicherung, die die Hauptsicherung für die Anlage des Stromabnehmers bildet. An dieser Sicherung beginnt die eigentliche Privatanlage, welche der Stromabnehmer auf seine Kosten von einem Installateur ausführen lassen muss, während der Hausanschluss durch den Unternehmer der Zentralanlage (jedoch nicht überall auf dessen Kosten) hergestellt wird und in dessen Besitze verbleibt. Durch Herausnahme der Schmelzstücke aus der Hauptsicherung lässt sich die Privatanlage von dem Verteilungsnetze des Elektrizitätswerkes vollständig trennen, sei es um die Isolation derselben zu messen, oder um ihr den Strom abzuschneiden.

205. Einrichtung der Hausanschlüsse. Wenn die Stromverteilung von der Zentralstation aus nach dem Zweileitersystem geschieht, so besteht die Hausanschlussleitung aus zwei Kabeln, bezw. Drähten, und die Hauptsicherung ist zweipolig. Man legt sie möglichst nahe an die Einführungsstelle der Leitung in das betreffende Gebäude, bei unterirdischer Einführung z. B. häufig in den Keller. Um in solchem Falle den Apparat vor Feuchtigkeit möglichst zu

schützen, wird er in eine Kapsel aus Gusseisen eingeschlossen, deren Deckel durch zwischengelegtes Gummi abgedichtet ist. Die Ein- und Austrittstellen der Leitungen werden gleichfalls möglichst dicht verschlossen. Fig. 569 zeigt eine so eingerichtete zweipolige Hausanschluss-Sicherung von Voigt & Haeffner, geöffnet. Der gusseiserne Kasten enthält, auf Marmor oder Schiefer montiert, vier Klemmstücke mit Kabelschuhen und Federkontakten. In letztere greifen beim Zuklappen des Deckels vier auf dessen Innenseite ebenfalls auf Marmor oder dergl. montierte messerartige Metallstücke wie bei einem Ausschalter hinein. Da zwischen die letzteren zwei Streifensicherungen eingeschraubt werden, so stellt man beim Schliessen des Deckels mittels der Schmelzstreifen Verbindung zwischen je einem oberen und einem unteren der im Kasten befindlichen Metallstücke her. Von diesen sind die beiden unteren mit den Strassenkabeln, die oberen mit der Hausinstallation verbunden. Die Einführungsstellen der Leitungen in den Kasten werden mit Isoliermasse vergossen. Durch Öffnen des Deckels wird die Hausanlage stromlos.



Fig. 569.

Fig. 570 stellt eine zweipolige Hausanschlusssicherung von Siemens & Halske dar, die nur mit Holzkasten versehen ist, da sie in trockenen



Fig. 570.



Fig. 571.

Räumen Verwendung findet. Sie ist mit den früher beschriebenen Patronensicherungen dieser Firma versehen. Zur Anbringung in Kellern und dergl. erhält sie einen gusseisernen Kasten mit ebensolchem Deckel, der zum Schutze gegen unberufene Hände plombiert wird (Fig. 571).

Von dieser Hauptsicherung ab ist dann das Leitungsnetz der Hausanlage genau in derselben Weise verlegt, wie vom Schaltbrette einer gewöhnlichen zweileitrigen Einzelanlage. Nur ist in die Hauptleitung der oben genannte Apparat zur Messung des Stromverbrauches, auf welchen später näher eingegangen werden soll, eingeschaltet. Die Anlage enthält ausserdem vor dem Stromverbrauchsmesser einen Hauptausschalter, am besten in zweipoliger Ausführung.

Die meisten in den letzten zehn Jahren in Deutschland entstandenen Zentralanlagen für Gleichstrombetrieb sind in dem sogen. Dreileitersystem (vergl. **105**) ausgeführt. Die Hauptleitung, von welcher der zum Grundstücke des Konsumenten führende Hausanschluss abgezweigt ist, besteht in diesem Falle aus drei Leitern: dem Mittelleiter und dem positiven und negativen Aussenleiter. In diesem Falle wird auch der Hausanschluss stets dreileitrig ausgeführt. Die Hauptsicherung ist entweder dreipolig oder, falls der Mittelleiter blank gelassen und an Erde gelegt ist, zweipolig, da man »geerdete« Leitungen nicht sichert.



Fig. 572.

Zwischen den Schmelzstücken bringt man Scheidewände aus isolierendem, feuersicherem Material auf der Grundplatte an, um beim Schmelzen von Sicherungen das Herüberbrennen eines Flammenbogens zwischen Leitern verschiedener Polarität zu verhüten.

Fig. 572 zeigt eine dreipolige Hausanschlusssicherung für Dreileitersystem von Voigt & Haeffner. Die Schmelzstreifen sind noch nicht eingesetzt. Der aufschraubbare Deckel ist abgenommen. Eine Hauptsicherung für Dreileitersystem mit geerdetem Mittelleiter von der »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« ist Fig. 573 abgebildet. Der abgenommene Deckel ist daneben gezeichnet. Für die beiden Aussenleiter werden Schmelzstreifen zwischen die dafür bestimmten, auf Schiefer montierten Klemmenpaare geschraubt. Der Mittelleiter geht dazwischen in Form einer Metallschiene zwischen Scheidewänden durch. Der gusseiserne Deckel ist gegenüber den Schmelzstücken mit Asbestpappe belegt.

Ob auch das Leitungsnetz im Gebäude des Konsumenten ganz oder zum Teil nach dem Dreileitersystem ausgeführt wird, hängt von der Grösse der Anlage, d. h. von ihrer Lampenzahl ab. In Anlagen, welche mehr als etwa 100 Glühlampen zu 16 Kerzen oder deren Äquivalent in anderen Lampen enthalten, führt man das Dreileitersystem durch, sodass also die von der Hauptsicherung ausgehende

Hauptleitung und die Haupt-Zweigleitungen, in welche diese sich teilt, alle aus drei Drähten bezw. Kabeln bestehen. (Wie man in diesem Falle den Stromverbrauchsmesser anordnen kann, vergl. **209**.) Ist jedoch eine grössere Anzahl Glühlampen (z. B. 10 und darüber) an einem und demselben Beleuchtungskörper (Lustre) oder in einem und demselben Raume angebracht, sodass sie stets nur zusammen ein- oder ausgeschaltet werden können, so kann für diese der Mittelleiter wegbleiben, und es werden immer je zwei Lampen hintereinander zwischen die beiden Aussenleiter geschaltet. Noch zweckmässiger ist es, die Lampen unter solchen Umständen zwischen den Mittelleiter





Fig. 573.

und einen Aussenleiter zu schalten und dafür Sorge zu tragen, dass auf beide Seiten der Dreileiteranlage ungefähr gleich viel derartig geschaltete Lampen kommen. Enthält die Anlage weniger als 100 (oder weniger als sonst eine für die betreffende Zentralanlage festgesetzte Minimalzahl) 16kerzige Lampen oder deren Äquivalent, so kann das Leitungsnetz zweileitrig disponiert werden. Doch teilt man es in zwei grössere Stromkreise in der Weise, dass auf jeden derselben etwa die Hälfte der Lampen kommt. Von diesen beiden Hauptkreisen wird jeder in eine Seite des Dreileitersystems an der Hauptsicherung eingeschaltet.

Kleine Anlagen, z. B. solche bis zu etwa 30 Lampen, werden durchaus nach dem Zweileitersystem in einem einzigen Stromkreise ausgeführt und an der Hauptsicherung mit einer Seite des Dreileiter-

systems verbunden. Die sämtlichen vorhandenen kleineren Anlagen dieser Art werden dann im ganzen so auf beide Hälften der Dreileiteranlage verteilt, dass in jeder der letzteren stets etwa gleich viele Lampen brennen. Da jedoch im Umfange der einzelnen Hausanlagen öfter Veränderungen stattfinden, auch neue Anschlüsse dieser Art hinzu kommen, andere wegfallen, so muss die Möglichkeit vorhanden sein, die gleichmässige Belastung der beiden Seiten des Dreileiter-



Fig. 574.

systems immer wieder herstellen zu können. Dies wird dadurch erreicht, dass man in jeder der kleinen, rein zweileitrig ausgeführten Hausanlagen einen Umschalter anbringt. Als solcher dient gewöhnlich die Hausanschlusssicherung selbst, welche hierzu die Einrichtung erhält, dass die beiden Schmelzpatronen, von welchen die zweileitrige Hausinstallation ausgeht, nach Belieben mit dem Mittelleiter und dem positiven Aussenleiter, oder aber mit dem ersteren und dem negativen Aussenleiter des Hausanschlusses verbunden werden können. Die Umschaltsicherung gestattet also, die Hausanlage nach Belieben auf die eine oder die andere Seite des Dreileitersystems zu schalten. Aus diesem Grunde müssen alle Hausanschlussleitungen drei Leiter erhalten, wie schon oben erwähnt wurde. Dabei befindet sich der Messapparat für den Stromverbrauch hinter dem Umschalter in der einen Hauptleitung des Zweileitersystems, sodass er stets mit umgeschaltet wird. In Fig. 574 ist eine derartige Umschaltsicherung von Siemens & Halske in geöffnetem Zustande abgebildet, zu deren Erläuterung nichts weiter hinzuzufügen ist. Die Schmelzstücke sind in Glashülsen eingeschlossen. Eine ähnliche Konstruktion für geringere Stromstärken von Schuckert & Co. zeigt Fig. 575. Die Zwischenstege können gedreht werden.

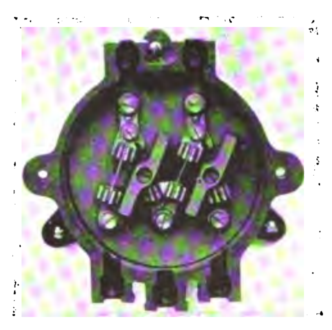


Fig. 575.

Elektrizitätszähler.

206. Konstruktion der Zähler für Gleichstrom im allgemeinen. Der Apparat, welcher den von dem Konsumenten verbrauchten Strom registriert, gewöhnlich Elektricitätszähler genannt, sollte im allgemeinen gestatten, die in der Hausanlage verbrauchte elektrische Arbeitsleistung abzulesen. Er müsste also in jedem Augenblicke das in Watt gemessene Produkt Spannung mal Stromstärke auf einem Papierstreifen aufzeichnen, oder besser durch ein Zählwerk registrieren. In den bis jetzt ausgeführten Zentralanlagen für Gleichstrombetrieb bleibt jedoch die Spannung an den einzelnen Verbrauchsstellen fast völlig konstant, und nur die Stromstärke ändert sich mit der wechselnden Zahl der brennenden Lampen. Dann gibt also der zeitliche Verlauf der Stromstärke auch den Verlauf des Verbrauches an elektrischer Energie. Es genügt daher auch, wenn der Apparat den Wert des Produktes Stromstärke mal Zeit registriert. Wie aus dem in **1** Ausgeführten hervorgeht, stellt aber dieses Produkt die Elektricitätsmenge dar, die in der betreffenden Zeit im ganzen den Stromkreis der Anlage durchflossen hat. Man hat deswegen derartige für Gleichstromanlagen von konstanter Spannung bestimmte Elektricitätszähler, da die Einheit der Elektricitätsmenge 1 Coulomb heisst, Coulombzähler genannt. Doch werden diese Instrumente so eingerichtet, dass sie die verbrauchte Elektricitätsmenge in dem bei Betrachtung der Akkumulatoren (Abschn. II) eingeführten Masse, nämlich in Ampère-Stunden, angeben.

Die Konstruktion eines Elektricitätszählers, welcher nur die hindurchgegangene Elektricitätsmenge registrieren soll, kann derart sein, dass ein Papierstreifen durch ein Triebwerk mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt wird, während ein Schreibstift sich, sobald Strom verbraucht wird, von einer auf dem Streifen angebrachten Nulllinie senkrecht zu derselben um eine Strecke entfernt, deren Länge der jeweiligen Stromstärke proportional ist. Die von dem Stifte auf dem Papierstreifen gezogene Kurve stellt dann den zeitlichen Verlauf der Stromstärke dar, während der von der Kurve einerseits und der Nulllinie andrerseits begrenzte Flächenraum die verbrauchte Elektricitätsmenge ergibt. Es ist dazu erforderlich, dass man die Grösse derjenigen Fläche kennt, welche einer Ampère-Stunde entspricht. Die von einer Ablesung des Apparates bis zur nächsten auf dem Streifen verzeichnete Stromverbrauchsfläche muss mit Hülfe eines Planimeters oder mittels Wägung ausgemessen werden.

Da diese Art der Messung bezw. Berechnung des Stromverbrauches zeitraubend und nicht einfach genug ist, so sind diejenigen Apparate vorzuziehen, bei welchen die Ablesung an einem Zählwerke ähnlich

demjenigen der Gasmesser geschieht. Bei derartiger Konstruktion ist z. B. ein beweglicher Teil vorhanden, dessen Geschwindigkeit proportional der Stromstärke sich ändert und welcher beim Strome Null stillsteht. Die Bewegung des vom Strome beeinflussten Teiles ist entweder schon eine drehende, oder wird in eine solche verwandelt und auf das Zählwerk übertragen. Die Anzahl Umgänge der verschiedenen Zeiger des letzteren geben entweder direkt, oder nach Multiplikation mit einer ein- für allemal feststehenden, durch Aichung ermittelten Zahl die Einer, Zehner, Hunderter u. s. w. der verbrauchten Ampère-Stunden.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass, welcher Art die Konstruktion des Elektricitätszählers auch sei, stets ein Teil vorhanden sein muss, der unter dem Einflusse des Stromes eine Veränderung (z. B. seiner Lage zu den übrigen festen Teilen, seiner Geschwindigkeit oder auch seines Gewichtes[1]) erleidet, derart, dass der Betrag dieser Veränderung jederzeit proportional der Stromstärke, oder aber dem in Watt gemessenen Produkte: Spannung mal Stromstärke ist. Ein derartiger Apparat ist um so brauchbarer, je vollkommener die genannte Proportionalität erreicht ist. Denn die Angaben desselben sollen sowohl bei vollem Betriebe der Anlage als auch dann noch richtig sein, wenn nur eine einzige Glühlampe brennt. Es ist begreiflicherweise nicht möglich, dieser Bedingung streng zu genügen. Selbst wenn die Intensität der benutzten Stromwirkung auch unter allen Umständen der Stromstärke proportional bleibt, ist doch der Einfluss störender Nebenumstände (Reibung, Temperaturschwankungen u. dergl.) bei verschiedenem Stromverbrauche und bei verschiedenartigen äusseren Verhältnissen meist verschieden gross. Die Angaben derartiger Apparate sind infolgedessen meist nur für einen bestimmten Bereich der Stromstärke richtig, für kleinere Werte derselben aber mit einem Fehler behaftet, der nach unten zu immer grösser wird. Man wird übrigens an einen Elektricitätszähler keine höheren Anforderungen bezüglich der Richtigkeit der Angaben stellen, als die, welchen die gebräuchlichen Gasmesser genügen. Ein Apparat, dessen Angaben einen mittleren Fehler von 2 bis 3 % besitzen, genügt den Anforderungen der Praxis. In Deutschland steht eine gesetzliche Regelung der zulässigen Fehlergrenzen für Elektricitätszähler bevor.

Es können selbstverständlich verschiedenartige Wirkungen des Stromes zur Beeinflussung des veränderlichen Teiles des Messapparates

---

[1]) Von den Apparaten, bei welchen ein Teil eine der Stromstärke proportionale Zu- oder Abnahme seines Gewichtes erleidet dadurch, dass auf elektrolytischem Wege Metall auf ihm niedergeschlagen oder von ihm aufgelöst wird, ist man ganz abgekommen. Diese sollen deswegen hier nicht weiter erörtert werden.

benutzt werden. Ein Blick in die Patentlisten der verschiedenen Länder zeigt, in wie mannigfacher Weise die vorliegende Aufgabe schon zu lösen versucht worden ist und noch wird. Im folgenden sollen nun einige in Deutschland verbreitete Apparate dieser Art beschrieben werden.

207. Der Elektricitätszähler von Aron wurde in seiner älteren Form als Ampèrestundenzähler ausgeführt. Er enthält in einem länglichen, an der Wand aufzuhängenden Holzgehäuse (Fig. 576) zwei Uhrwerke, welche in ihrem Gange völlig übereinstimmen. Jedes davon besitzt seine eigene Feder als Triebkraft und ein Pendel. Die Schwingungsdauer der beiden Pendel ist genau gleich. Während nun das eine ein Messinggewicht trägt, ist am unteren Ende des anderen (in der Abbildung rechts gezeichneten) Pendels ein Stahlmagnet befestigt, der aus zwei Lamellen besteht. Unterhalb des letzteren befindet sich, an der Hinterwand des Gehäuses montiert, eine Drahtspule, welche von dem zu messenden Strome durchflossen wird. Die Übereinstimmung im Gange der beiden Uhrwerke besteht nur so lange, als die Spule stromlos bleibt. Erhält sie dagegen Strom, so wirkt sie wie ein Magnet und übt, je nach der Stromrichtung, eine anziehende oder abstossende Kraft auf den ihr zunächstliegenden Pol des am Pendel hängenden Magnetes aus. Die Stromrichtung wird stets so gewählt, dass die Resultierende aus den zwischen Spule und Magnet wirksamen Kräften eine Anziehung ist. Diese addiert sich zu den übrigen auf das Pendel wirkenden Kräften (Schwerkraft, Erdmagnetismus) und hat eine Beschleunigung seines Ganges, also eine Verkürzung der Schwingungsdauer, zur Folge. Der Grad der Beschleunigung ist aber dem Betrage der anziehenden Kraft, welche die Spule auf den Magnet ausübt, nahezu proportional, um so genauer, je kleiner die Schwingungsweite des Pendels bleibt. Die magnetische Wirkung der Spule ist wiederum proportional ihrer Windungszahl und der Stärke des Stromes, von welchem sie durchflossen wird. Da nun die Zahl und Form der Drahtwindungen stets dieselbe bleibt, auch ihre Entfernung von dem pendelnden Magnete sich nicht ändert, so hängt die beschleunigende Kraft, welche die Spule auf den letzteren ausübt, nur von der Stromstärke ab und ist dieser proportional.



Fig. 576.

Solange die Drahtspule vom Strome durchflossen wird, eilt das mit dem Magnetpendel versehene Uhrwerk dem anderen vor. Die Zahl der Schwingungen, die das vom Strome beeinflusste Pendel in einer bestimmten Zeit mehr ausgeführt hat, als das andere, ist proportional der Elektricitätsmenge, welche in dieser Zeit durch die Spule hindurchgegangen ist. Ebenso ist die Voreilung irgend eines Teiles in dem das Magnetpendel enthaltenden Uhrwerke vor dem gleichartigen Teile in dem unbeeinflussten Werke dieser Elektricitätsmenge proportional. Beide Werke hängen in einem einzigen Teile zusammen, der in Fig. 577 für sich abgebildet ist. Zwischen zwei ganz gleichen Kronenrädern K_1 und K_2, welche sich parallel gegenüberstehen und die Zähne einander zuwenden, befindet sich ein Stirnrad S (das sogen. Planetenrad), das in beide Kronenräder eingreift. Von den letzteren wird jedes von einem der beiden Uhrwerke in Drehung gesetzt, und zwar laufen sie in entgegengesetzter Richtung, aber so lange mit gleicher Geschwindigkeit, als der Gang beider Werke übereinstimmt. Die Fläche des Stirnrades steht senkrecht zu den Ebenen der beiden Kronenräder. Es sitzt am Ende eines Armes, der aus derjenigen Welle seitlich senkrecht heraussteht, auf welche beide Kronenräder lose aufgeschoben sind,

und ist durch ein Gegengewicht G ausbalanciert. Das Stirnrad kann sich um den genannten Arm als Achse drehen. Solange nun beide Kronenräder gleichmässig gehen, bleibt das von beiden im selben Sinne umgedrehte Stirnrad an einer Stelle, d. h. der dasselbe tragende Arm bleibt ruhig stehen. Sobald aber eines der Kronenräder voreilt, wird das Stirnrad von diesem mehr oder weniger schnell, samt dem Arme, an dessen Ende es sitzt, mit herumgenommen. Dadurch dreht sich auch die Welle, an welcher der genannte Arm befestigt ist. Das Stirnrad bleibt wieder stehen, bezw. dreht sich, ohne dass der es tragende Arm seine Lage gegen die übrigen Teile verändert, sobald beide Werke und damit die beiden Kronenräder wieder gleich schnell gehen. Es wird also das Stirnrad nur so lange mit herumgenommen und damit die Welle an, deren Arm es sitzt, gedreht, als zwischen beiden Uhrwerken eine Gangdifferenz besteht. Die Anzahl Umgänge, welche die zuletzt genannte Welle in einer bestimmten Zeit gemacht hat, ist offenbar der Voreilung des einen Werkes vor dem anderen proportional, d. h. also dem Mehrbetrage der Schwingungen des einen Pendels in dieser Zeit über die des anderen. Die mehrfach erwähnte Welle, deren Arm das Stirnrad trägt, ist zugleich eine der Achsen des Zählwerkes, mit dessen übrigen Achsen es durch das Rad Z und einen Trieb in Verbindung steht. An den Zifferblättern des Zählwerkes können die Tausender, Hunderter, Zehner, Einer und Bruchteile der Umgänge jener Welle abgelesen werden.

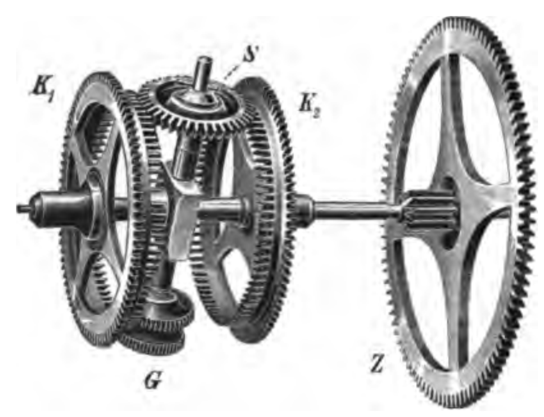


Fig. 577.

Leitet man einen anderweitig genau gemessenen, konstanten Strom eine längere, ebenfalls gemessene Zeit durch die Spule und beobachtet, um wieviel sich die Angabe des Zählwerkes dabei verändert hat, so findet man durch eine einfache Rechnung die Zahl, mit welcher man die in einer gewissen Zeit erfolgte Änderung im Stande des Zählwerkes zu multiplizieren hat, um die in dieser Zeit durch die Spule gegangene Elektricitätsmenge in Ampèrestunden zu erhalten. Diese »Aichung« ist von dem Verfertiger des Apparates ein- für allemal ausgeführt, und die dabei ermittelte Konstante wird bei Lieferung des Zählers angegeben. Meistens wurde der Apparat so abgeglichen, dass die Konstante 1 oder 10 oder 100 oder 1000 betrug, sodass das Zählwerk unmittelbar Ampèrestunden ergab.

Um beim praktischen Gebrauche des Aronschen Zählers die Ablesung des Zählwerkes bequem zu machen, sind die Zifferblätter des letzteren durch ein in der Tür des Schutzkastens angebrachtes kleines Glasfenster von aussen zu sehen; doch muss die Tür von Zeit zu Zeit (alle 4 Wochen) geöffnet werden, um die beiden Uhrwerke aufzuziehen. Was die Anbringung des Apparates betrifft, so muss er genau vertikal hängen, zu welchem Zwecke unter dem Messingpendel eine Spitze fest angebracht ist, sodass dieses Pendel auch als Lot dient. Ferner sind die Zuleitungen zu der Spule von unten herauf zu führen, dürfen dagegen nicht hinter der Kastenwand aufwärts an dem Magnetpendel vorbei laufen, da der in ihnen fliessende Strom das letztere ebenfalls beeinflussen und damit die Konstante des Apparates verändern könnte. Ebensowenig dürfen andere Stromleitungen nahe an dem Apparate vorbeigeführt werden. Die zu wählende Entfernung muss um so grösser sein, für je stärkere Ströme die bezüglichen Leitungen bestimmt sind.

Für jeden Elektricitätszähler der genannten Art gibt es einen Maximalstrom, über welchen hinaus der Apparat nicht beansprucht werden darf. Der Betrag desselben ist durch den Kupferquerschnitt der Windungen auf der Spule bedingt. Für Anlagen verschiedenen Umfanges wurde deshalb das Instrument mit verschiedener Wickelung der letzteren ausgeführt. Je höher der Strombetrag liegt, welcher im Maximum durch die Spule gehen soll, desto grösser ist der Kupferquerschnitt, desto kleiner aber die Zahl der Windungen, so zwar, dass das Produkt: Höchststrom mal Windungszahl ungefähr denselben Wert behält. Je geringer die Windungszahl der Spule, desto sorgfältiger müssen die beiden Zuleitungskabel in der Nähe des Apparates genau symmetrisch in Bezug auf die Achse der Spule gelegt werden. Die Zähler wurden für Maximalströme von 12 bis 5000 Ampère in zahlreichen Abstufungen hergestellt.

Vorzüge und Mängel des Ampèrestunden-Zählers von Aron. Die Vorzüge des Aronschen Zählers bestehen in der Einfachheit der stromführenden und vom Strome beeinflussten Teile, sowie darin, dass bei der Beeinflussung des veränderlichen Teiles die Reibung fast keine Rolle spielt, sodass sich diese Einwirkung bei grösster wie bei kleinster Stromstärke mit gleicher Sicherheit vollzieht. Bei der Präzision, mit welcher gut gebaute Uhrwerke arbeiten, lässt sich in der Übereinstimmung der beiden Werke ein hoher Grad der Genauigkeit erreichen, und auch die Temperaturänderungen haben nur verhältnismässig kleine Fehler zur Folge. Dagegen verursacht jede Veränderung in der Aufhängung des Zählers durch Verbringen desselben an eine andere Stelle im allgemeinen eine Veränderung in der Richtigkeit der Angaben, die unter Umständen nicht unerheblich sein kann. Es wird dabei, ganz abgesehen von dem mehr oder minder veränderten Einfluss der Zuleitungen und anderer benachbarter Leitungen, die Übereinstimmung im Gange der beiden Uhrwerke gewöhnlich gestört. Diese muss erst aufs neue wieder hergestellt werden. Zu diesem Zwecke kann die Schwingungsdauer des mit Messinggewicht versehenen Pendels durch Heben oder Senken des Gewichtes mittels einer Schraubenvorrichtung verkleinert oder vergrössert werden. Wie weit die Übereinstimmung im Gange der beiden Werke getrieben ist, ergibt sich zunächst aus einer Beobachtung der beiden Pendel mit dem Auge. Ändern dieselben in 15 bis 30 Minuten ihren Schwingungszustand in Bezug aufeinander nicht merklich, so ist schon ein ziemlicher Grad der Gleichmässigkeit erreicht. Eine genauere Kontrolle lässt sich dadurch ausüben, dass man sich überzeugt, ob bei stets stromloser Spule die Stellung des Zeigers an dem die Einer angebenden Zifferblatte innerhalb 24 Stunden oder in noch längeren Zeiträumen dieselbe bleibt. Auch empfiehlt es sich, nach jeder solchen Verhängung des Apparates, insbesondere wenn die Vermutung besteht, dass der Einfluss der Zuleitungen auf das Magnetpendel ein anderer sei als zuvor, die Konstante durch eine Aichung zu kontrollieren bezw. neu zu bestimmen. Wie diese Aichung ausgeführt wird, ist schon oben angedeutet worden.

Die leichte Veränderlichkeit im zuverlässigen Gange des Apparates bei Verhängung desselben, verbunden mit seiner Empfänglichkeit für Störungen durch benachbarte Sromleitungen oder die nicht ganz symmetrisch angebrachten Zuleitungen zu der Spule, bildet einen wesentlichen Mangel des Aronschen Zählers. Dazu kommt das lästige Aufziehen der beiden Uhrwerke. Da die letzteren Tag und Nacht weitergehen, so sind schon geringe Störungen in ihrer Übereinstimmung, die auf die Dauer doch nicht ausbleiben, von erheblichem Einfluss. Wie sehr durch allmähliche Abnahme des Magnetismus des an dem einen Pendel hängenden Magnetsystems die Konstante des Instrumentes mit der Zeit sich ändert, steht nicht sicher fest. Es lässt sich ja in den meisten Fällen schwer angeben, ob der genannte Umstand allein eine Veränderung hervorgebracht hat, oder ob noch andere mit dazu beigetragen haben. So kann z. B. die Spule ihre Lage zu dem Magnetpendel etwas geändert haben, was sehr wohl möglich ist, solange dieselbe einfach an die hölzerne Rückwand des Schutzkastens angeschraubt wird.

208. Der neue Wattstundenzähler von Aron. 1897 hat Aron eine Zählerkonstruktion in die Öffentlichkeit gebracht und später noch verbessert,

die in mehreren Beziehungen eine Vervollkommnung des in **207** beschriebenen Apparates darstellt. Bei dem neuen Zähler hat eine Gangdifferenz der beiden Uhrwerke keinen Einfluss auf die Richtigkeit der Angaben, er braucht nicht aufgezogen zu werden, er wird durch äussere Ströme und Magnete weniger beeinflusst und ist wesentlich kleiner als der ältere.

Das Differential-Uhrwerk mit den beiden Pendeln ist geblieben. Beide Pendel werden durch den Verbrauchsstrom beeinflusst. Jedes trägt am unteren Ende eine flache, dünndrähtige Spule. Die beiden Spulen sind hintereinander und, unter Vorschaltung eines Widerstandes, wie eine Glühlampe mit der Stromleitung verbunden oder, wie man auch sagt, »auf Spannung geschaltet«. Die Achsen der Spulen stehen senkrecht, sodass die Spulen sich verhalten wie zwei Stabmagnete mit vertikaler magnetischer Achse. Unterhalb jedes Pendels ist eine Spule aus dickem Drahte an der hinteren Apparatwand befestigt, die vom Verbrauchsstrome durchflossen wird. Auch diese Spulen stehen mit ihren Achsen vertikal und sind hintereinander geschaltet. Die Kraftwirkung zwischen jeder der festen Spulen und der dicht über ihr am Pendelende befindlichen beweglichen Spule ist proportional dem Produkte der Stromstärken in beiden Spulen. Da nun der Strom in jeder Pendelspule sich proportional der Betriebsspannung, die Stromstärke in den festen Spulen aber sich mit dem Verbrauchsstrome ändert, so ist die Kraftwirkung zwischen jeder festen und der zugehörigen beweglichen Spule in jedem Augenblicke proportional dem Produkte: Spannung mal Verbrauchsstrom, d. h. proportional der in der betreffenden Anlage verbrauchten elektrischen Energie.

Der Verbrauchsstrom wird nun durch die beiden festen Spulen in solcher Richtung geleitet, dass die elektrodynamische Wirkung zwischen der einen Festspule und der darüber befindlichen Pendelspule eine Anziehung, für das andere Spulenpaar dagegen eine Abstossung ist. Infolgedessen erfährt bei Stromdurchgang durch die festen Spulen das eine Pendel eine Beschleunigung, das andere eine Verzögerung seiner Schwingungsdauer (vergl. hierüber **207**, S. 537). Das Zählwerk registriert durch Vermittelung des nämlichen Rädersystems wie bei der älteren Konstruktion (Fig. 577) die Gangdifferenz zwischen den beiden Pendeln. Der Apparat ist so justiert, dass ein Teilstrich am ersten Zifferblatte des Zählwerkes einem Energieverbrauche von 100 Wattstunden (1 Hektowattstunde) oder einem dekadischen Vielfachen dieses Betrages entspricht.

Sobald die festen Spulen stromlos werden (wenn keine Lampe mehr brennt), hört die Beeinflussung der beiden Pendel auf, und sie schwingen gleich schnell.

Der Einfluss einer etwaigen Gangdifferenz, welche die beiden Uhrwerke bei stromlosem Zustande des Zählers gegeneinander zeigen, wird folgendermassen eliminiert: In Zeitintervallen von etwa 20 Minuten wird das Zählwerk selbsttätig so umgeschaltet, dass es abwechselnd vor- und zurückgehen muss, falls eine Gangdifferenz vorhanden ist. Damit nun aber ein vom Strome in den Hauptspulen verursachter Gangunterschied nicht ebenfalls ohne dauernde Wirkung auf das Zählwerk bleibe, ist die Einrichtung so getroffen, dass gleichzeitig mit der Umschaltung des Zählwerkes auch die Stromrichtung in den an den Pendeln hängenden Spulen umgekehrt wird. Dadurch ändert sich jedesmal die Art, wie die Schwingungsdauer der beiden Pendel durch den Strom in den Hauptspulen beeinflusst wird: das vorher beschleunigte Pendel wird nachher verzögert und umgekehrt. Infolgedessen heben sich die beiden genannten Umkehrungen in Bezug auf die Registrierung des durch den Strom bewirkten Gangunterschiedes auf. Das Zählwerk geht auch nach jeder Umkehrung im vorigen Sinne weiter, doch nur solange Strom in den Hauptspulen fliesst und nur soviel, als diesem entspricht.

Fig. 578 gibt eine Ansicht des Apparates, aus welcher das die beiden Uhrwerke enthaltende Gehäuse, das davor liegende Zählwerk, die Enden der beiden Pendel mit den daransitzenden kleinen Spulen, sowie die darunter befindlichen dickdrähtigen Hauptstromspulen deutlich zu erkennen sind.

Es ist zunächst zu erklären, woher die Pendel ihre Triebkraft empfangen.

Durch die hintere Wand des Werkgehäuses tritt eine Achse (*k* Fig. 579) ein, welche beide Triebwerke mit ihren Pendeln antreibt. Wie diese Achse durch eine in regelmässigen Zeitintervallen immer wieder aufgezogene Feder ihren Antrieb empfängt, ist weiter unten beschrieben. Zur Übertragung der Bewegung der Achse *k* auf die beiden Werke ist das nämliche Prinzip verwendet, nach welchem die Gangdifferenz der beiden Werke zur Bewegung des Zählwerkes benutzt wird. Auf dem vorderen Teile der Achse *k* sitzt ein Arm, an dessen einem Ende ein Stirnrad b_2 drehbar befestigt ist, während das andere Ende ein Gegengewicht trägt. Zu beiden Seiten des Stirnrades (Planetenrades) befindet sich je ein Kronenrad, genau wie in Fig. 577 dargestellt. Sobald der das

Fig. 578.

Fig. 579.

Planetenrad tragende Arm von der Achse *k* mit herumgenommen wird, werden die beiden Kronenräder gedreht und dadurch die mit ihnen in Eingriff stehenden beiden Triebwerke in Bewegung gesetzt. Gangunterschiede zwischen beiden Werken, welche durch verschieden schnelles Schwingen der beiden Pendel entstehen, haben nur zur Folge, dass das Planetenrad b_2 sich mehr oder weniger schnell um seine eigene Achse dreht.

b_1 ist das zweite Planetenrad, welches den Gangunterschied der beiden Triebwerke auf die Achse n_1 und damit auf das Zählwerk (dessen übrige Räder in Fig. 579 weggelassen sind) überträgt. Diese Vorrichtung stimmt mit der entsprechenden bei dem älteren Zähler völlig überein.

Die Schwingungsdauer jedes der beiden nur etwa 10 *cm* langen Pendel kann durch Verstellen der Gegengewichte m_2 reguliert werden.

Das Aufziehen der die beiden Werke antreibenden Feder, welches in regelmässigen kurzen Zeitintervallen erfolgt, besorgt ein Elektromagnet *a* (Fig. 580), der infolge der Bewegung seines eigenen Ankers *b* von Zeit zu Zeit erregt und sofort wieder ausgeschaltet wird. Der Elektromagnet besitzt nur eine Spule *q* und lange, kreisförmig ausgedrehte Polschuhe. Zwischen diesen kann der eiserne Anker *b* sich leicht um die Achse *c* drehen. Der Anker trägt vorn das Sperrrad *n*, in welches der an dem zweiten Sperrrad *h* befestigte Sperrkegel *d* (Fig. 581) eingreift. In das Sperrrad *h* wird ein Sperrzahn *f* durch eine Feder eingedrückt, der an dem Apparatgestell befestigt ist. In den runden Teil des Ankers *b* ist eine Höhlung eingedreht (siehe die Schnittfigur 581), welche wie das Federhaus einer Uhr eine Triebfeder *g* enthält, deren eines Ende am Apparatgestell und deren anderes Ende an dem Anker *b* befestigt ist.

Sobald der Elektromagnet Strom erhält, dreht er den Anker in die Stellung parallel mit der Verbindungslinie der Polschuhe (horizontal). Dadurch wird

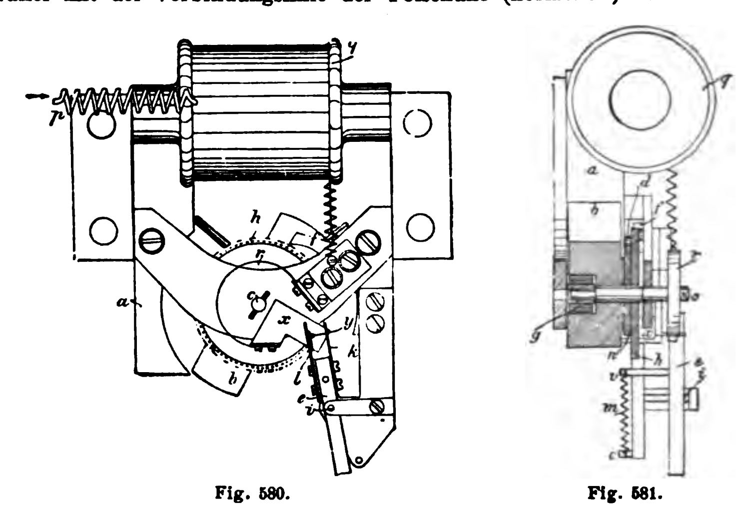


Fig. 580. Fig. 581.

die Feder *g* gespannt. Der Anker nimmt dabei das auf ihm befestigte Sperrrad *n* mit, während das zweite Sperrrad *h* ruhig stehen bleibt, da es auf der Achse *c* lose sitzt und seine Zähne, welche denen des Rades *n* entgegengesetzt gerichtet sind, durch den Sperrzahn *f* festgehalten werden. Infolge der genannten Drehung des Ankers wird der Elektromagnet wieder stromlos und die nun gespannte Feder *g* sucht den Anker in die in der Abbildung gezeichnete Stellung zurückzudrehen. Dabei nimmt aber das Sperrrad *n* vermittels des an ihm befestigten Sperrzahnes *d* das zweite Sperrrad *h* mit herum (im Sinne des Uhrzeigers) und die Drehung des letzteren wird in geeigneter Weise auf die Achse *k* (Fig. 579) übertragen, welche beide Werke antreibt.

Die einfache Art und Weise, wie bei der Bewegung des Ankers *b* (Fig. 580) der Stromkreis des Elektromagnetes vermittels der Teile *x y l* und *e* bald geschlossen, bald geöffnet wird, soll hier nicht näher erläutert werden. Der beschriebene Aufzieheelektromagnet ist an der Hinterwand des Werkgehäuses etwas oberhalb der Triebwerke befestigt und in Fig. 578 zum Teil sichtbar.

Die Umschaltung, welche, wie schon näher angegeben, einen bei stromlosem Apparate etwa vorhandenen Gangunterschied der beiden Triebwerke eliminiert und zugleich die Stromrichtung im Kreise der Pendelspulen umkehrt, hat folgende Einrichtung: Ein auf der Antriebswelle *k* (Fig. 579) der beiden Werke sitzendes Zahnrad greift in ein grösseres Rad *h* (Fig. 582 und 583) ein,

das sich auf seiner Achse z leicht drehen kann. Auf der Nabe des Rades h ist ein Arm m befestigt. Dieser spannt beim Drehen des Rades h eine Feder l, die wie die Unruhfeder einer Uhr um die Achse z angeordnet ist. Das innere Ende dieser Feder ist mit der Achse z verbunden, das äussere am Arme m befestigt. Die Achse z wird durch den auf ihr sitzenden Stift r, welcher gegen den Hebel p anliegt (Fig. 583), am Drehen gehindert.

Hat das Rad h eine Umdrehung gemacht und dabei die Feder l gespannt, so hebt der auf der Nabe von h sitzende Stift w den Hebel v und damit den auf derselben Achse sitzenden Hebel p. Letzterer gibt dadurch den Stift r frei und nun vermag die gespannte Feder l die Achse z einmal herumzudrehen, bis der auf z befestigte Stift n an dem Arme m einen Anschlag findet. Wenn nun das Rad h sich weiter dreht, so fallen die Hebel v und p in ihre frühere Stellung herunter, Stift r liegt wieder an p an und die Feder l wird von neuem gespannt.

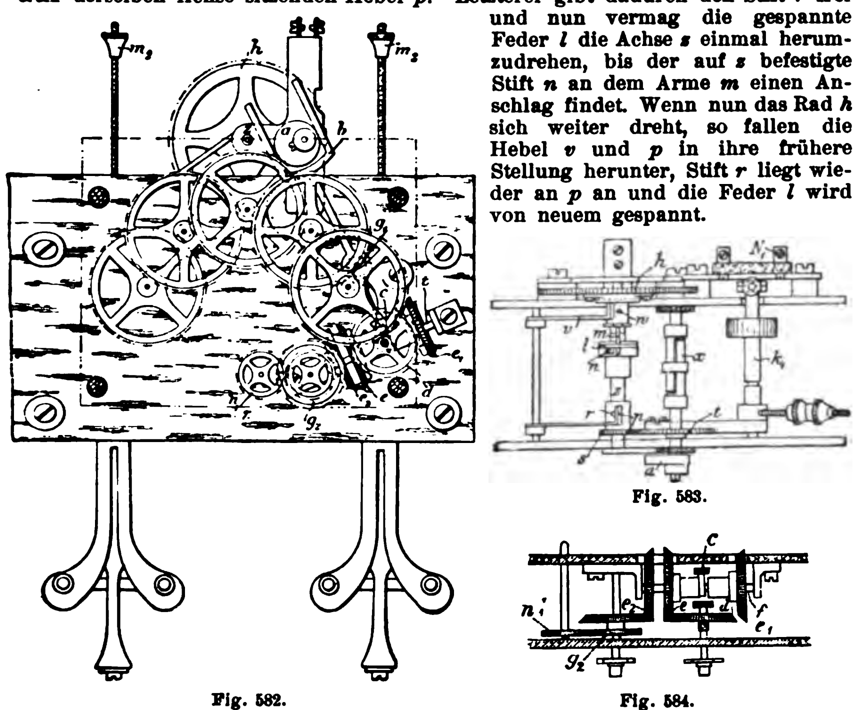


Fig. 582.

Fig. 583.

Fig. 584.

Die auf solche Weise von Zeit zu Zeit erfolgende Umdrehung der Achse z um jedesmal 360° bewirkt nun die erforderlichen Umschaltungen. Auf z sitzt das Zahnrad s, das in das Rad t eingreift. Letzteres hat doppelt soviel Zähne als s, macht also bei jeder Umdrehung der Achse z nur einen halben Umgang. Die Achse des Rades t (auf welcher dieses unverrückbar befestigt ist) trägt den Exzenter a (Fig. 583 und 582), welchen die Gabel b (Fig. 582) eng umgreift. Bei Drehung des Exzenters bewegt sich also der Hebel, welcher die Gabel b trägt, um seinen Drehpunkt g_1 ein wenig hin und her. Der andere Arm dieses Hebels schiebt dabei mittels des Stiftes c ein Rohr, welches zwei konische Räder e und e_1 trägt, auf der Achse f (Fig. 584) hin und her. Hierdurch greifen die Räder e und e_1 abwechselnd in das ebenfalls konische Zählwerkrad d ein.

Die beiden konischen Räder e und e_1 sind nun mit dem Rade e_2 so verbunden, dass sie zwar auf der gemeinsamen Achse hin- und hergeschoben, nicht aber gegen e_2 verdreht werden können. Sie müssen also dessen Drehung mitmachen. Das Rad e_2 empfängt aber seinen Antrieb von der Achse des Planetenrades b_2, welche durch ihre Drehung den Gangunterschied der beiden

Werke registriert. Da nun durch e_2 die beiden Kegelräder e und e_1 immer im gleichen Sinne gedreht werden, so muss sich das Rad d in verschiedener Richtung drehen, je nachdem der Exzenter a das Rad e oder e_1 mit ihm in Eingriff bringt.

Die Achse des Zahnrades t trägt ausser dem Exzenter a noch einen Stromwender x (Fig. 583), dessen Schleiffedern in der Abbildung weggelassen sind. Dieser kommutiert jedesmal, wenn der Exzenter eine halbe Umdrehung macht, die Stromrichtung im Kreise der beiden Pendelspulen (Nebenschluss-Stromkreis).

Angenommen, in einem bestimmten Augenblicke werde das rechte Pendel beschleunigt, das linke verzögert und zugleich greife das Kegelrad e (Fig. 584) in das Zählwerkrad d ein. Da in diesem Falle das Rad g_2 sich im Sinne des Uhrzeigers dreht, so müssen die Zähne von d sich in der Abbildung von links nach rechts bewegen. Wird nun nach einer vollen Umdrehung des Rades h (Fig. 583) die Exzenterwelle um 180° gedreht, so verschiebt der Exzenterhebel die Kegelräder e und e_1 so, dass nun e_1 in d eingreift. Hierdurch würde nun d und damit das Zählwerk sich im umgekehrten Sinne bewegen. Da jedoch gleichzeitig die Stromrichtung in den Pendelspulen umgekehrt wurde, so erfährt jetzt das rechte Pendel eine Verzögerung und das linke eine Beschleunigung. Infolgedessen dreht das Rad g_2 und mit ihm e und e_1 sich in entgegengesetzter Richtung wie zuvor. Die beiden Umkehrungen heben sich also auf und das Zählwerk bewegt sich im selben Sinne weiter, während ein etwaiger Gangfehler der beiden Triebwerke durch die sich in regelmässiger Folge wiederholenden Umschaltungen eliminiert wird.

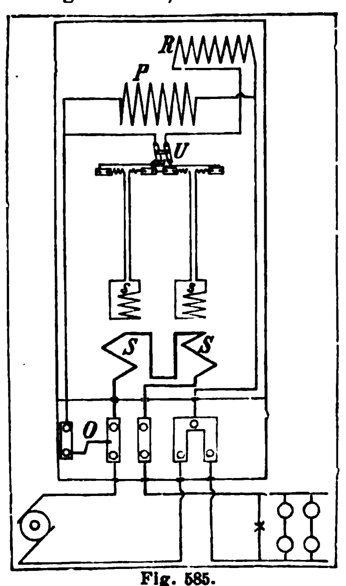


Fig. 585.

Es sei noch bemerkt, dass dadurch, dass derselbe Hauptstrom die beiden Pendel im entgegengesetzten Sinne beeinflusst, trotz des beträchtlichen Betrages dieser Beeinflussung doch völlige Proportionalität der Änderung der Schwingungsdauer mit der Stromstärke in den Hauptspulen erreicht wird (vergl. ETZ 1884, S. 484; 1897, S. 373).

Fig. 585 zeigt das Schaltungsschema des Apparates. *SS* sind die Hauptstromspulen, *ss* die im Nebenschlusse liegenden Pendelspulen, vor welche noch der Widerstand *R* geschaltet ist. *U* deutet den auf der Exzenterwelle angebrachten Stromwender an. *P* ist die Wickelung des Aufzieh-Elektromagnetes. Den beiden Pendelspulen wird der Strom durch sehr leicht biegsame Spiralen aus dünnem Drahte, welche an den Pendelstangen herablaufen, zugeleitet. In der Abbildung ist noch die den Strom liefernde Dynamomaschine und einige Lampen im Schema angedeutet.

Der Verbrauch an elektrischer Energie in dem Stromkreise der Pendel und für den immer nur für Augenblicke eingeschalteten Aufzugelektromagnet beträgt nach Angabe des Verfertigers weniger als 2 Watt, sodass der Zähler selbst in 24 Stunden noch nicht soviel konsumiert, wie eine 16kerzige Glühlampe in 1 Stunde.

Da Ströme, welche in der Umgebung des Apparates fliessen, die beiden Pendel in gleichem Sinne und um ungefähr gleichviel beeinflussen, so vermögen sie die Angaben des Apparates nicht entfernt in dem Masse zu verändern, wie bei dem oben beschriebenen Ampèrestunden-Zähler.

Wegen weiterer konstruktiver Einzelheiten muss auf die ausführliche Beschreibung ETZ 1897, S. 372, verwiesen werden.

Ausser den bereits genannten Vorzügen des neuen Apparates ist noch hervorzuheben, dass die Einwirkung des Verbrauchsstromes auf die Pendel energischer ist als früher, so zwar, dass die gleiche Stromstärke (bezw. der gleiche Betrag an elektrischer Energie) eine viel bedeutendere Gangdifferenz zwischen den leichten, schnell schwingenden Pendeln der neuen Form hervorbringt, als es bei den grossen, schweren Pendeln der älteren geschieht. Man kann sich davon leicht durch äusserliches Beobachten überzeugen. Hierzu kommen auch noch die beträchtlich geringeren Abmessungen der neueren Konstruktion.

Gegenüber den im vorstehenden erläuterten Vorzügen des neuen Aronschen Zählers ist nicht zu vergessen, dass diese nur durch erhebliche Komplizierungen in der Konstruktion des Apparates erzielt worden sind.

209. Der Elektricitätszähler von Elihu Thomson, fabriziert von der »Thomson-Houston Electric Company« in Nordamerika und von der »Union Elektricitäts-Gesellschaft« in Berlin, ist ein sogen. Motor-Zähler. Der vom Strome beeinflusste Teil ist ein kleiner Elektromotor, welcher durch den Verbrauchsstrom in Bewegung gesetzt wird und stillsteht, solange für die betreffende Anlage keine elektrische Energie entnommen wird.

Fig. 586 zeigt schematisch die Einrichtung des Apparates. Die senkrecht stehende Welle *B* trägt in ihrem oberen Teile einen kleinen Trommelanker *M* mit Kollektor *C*. *JJ'* ist die Erregerwickelung des magnetischen Feldes, in welchem der Anker *M* sich dreht. Diese Teile bilden zusammen den Elektromotor. Wie die Abbildung veranschaulicht, durchfliesst der Verbrauchsstrom die Magnetwickelung *JJ'* des Motors. Diese Wickelung ist also, in Serie zu den Lampen, in die positive oder negative Hauptleitung eingeschaltet. Dagegen ist der Anker *M* nebst einem grossen Vorschaltwiderstand *R*, parallel zum Verbrauchsstromkreise, also wie ein Spannungsmesser oder wie eine Glühlampe, geschaltet. Infolgedessen verändert sich die erregende Stromstärke in der Feldmagnet-Wickelung wie der Verbrauchsstrom, die Stromstärke im Anker wie die Spannung.

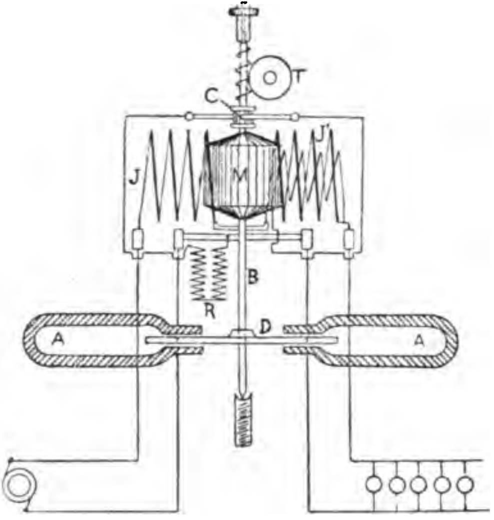


Fig. 586.

Wesentlich ist nun, dass der kleine Elektromotor kein Eisen enthält, weder im Anker, noch in der Magnetwickelung. Infolgedessen fällt der Einfluss der mehr oder minder grossen Sättigung von Eisenmassen, sowie der der sogen. Hysteresis weg, und die magnetische Wirkung der Wickelungen des Ankers und der Feldmagnete ist unter allen Umständen den Stromstärken in den betreffenden Wickelungen proportional. Die von dem Motor entwickelte Energie ist somit, wenn vom Einflusse der Reibung abgesehen wird, proportional den Ampère-Windungen des Ankers und der Feldmagnete, sowie der Umdrehungsgeschwindigkeit *v*. Folglich ist diese Energie (weil der Ankerstrom der Spannung *E* proportional) proportional dem Produkte $E \cdot J \cdot v$, wo *J* die Stromstärke in den Feldmagnetspulen. Die von dem Elektromotor entwickelte mechanische

Energie ist demnach in jedem Augenblicke ein Mass für die in der betreffenden Anlage verbrauchte elektrische Energie $E \cdot J$ (Spannung mal Stromstärke).

Auf dem unteren Teile der Welle *B* des Apparates ist nun ferner eine Kupferscheibe *D* befestigt, welche zwischen den eng zusammenliegenden Polen mehrerer Stahlmagnete *AA* sich drehen kann. Bei der Drehung schneidet diese Kupferscheibe fortwährend die zwischen den Polen der einzelnen Hufeisenmagnete verlaufenden Kraftlinien, sodass in ihr sogen. Wirbelströme oder Foucaultströme (vergl. **20**) induziert werden. Die gesamte von dem Elektromotor gelieferte Energie wird offenbar zur Erzeugung dieser Wirbelströme verbraucht (abgesehen von dem zunächst zu vernachlässigenden Einflusse der Reibung). Da nun das von den Stahlmagneten gebildete magnetische Feld wesentlich unverändert bleibt, so sind die elektromotorischen Kräfte der Wirbelströme allein von der Umdrehungsgeschwindigkeit v abhängig (vergl. **10**). Die Summe aller Stromstärken, welche durch diese EMK erzeugt werden, wird ferner, wenn die Temperatur und damit der spezifische Widerstand der Kupferscheibe sich nicht ändert, allein durch die genannten elektromotorischen Kräfte bedingt (Ohmsches Gesetz). Da nun die elektrische Energie der Wirbelströme gleich der Summe der Produkte aller einzelnen elektromotorischen Kräfte in die zugehörigen Stromstärken, diese Grössen aber beide der Umdrehungsgeschwindigkeit v der Welle des Apparates proportional sind, so ist die Energie der Wirbelströme proportional dem Quadrate dieser Geschwindigkeit. Wegen der Gleichheit der vom Motor gelieferten mechanischen und der durch sie erzeugten elektrischen Energie der Wirbelströme kann gesetzt werden:

$$E \cdot J \cdot v = C \cdot v^2,$$

wo C ein konstanter Zahlenfaktor ist. Dividiert man durch v, so erhält man:

$$E \cdot J = C \cdot v.$$

Diese Gleichung sagt aber:

Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Zählerachse ist stets proportional der elektrischen Energie, welche in dem betreffenden Augenblicke in der Anlage verbraucht wird.

Die Achse des Zählers trägt an ihrem oberen Ende eine Schnecke, welche in das Schneckenrad *T* eingreift. Durch letzteres wird ein Zählwerk in Bewegung gesetzt, welches somit das Produkt: elektrische Energie mal Zeit registriert. Der Elektricitätszähler von E. Thomson ist also ein sogen. Wattstundenzähler.

Um den Einfluss der Reibung, der besonders bei geringem Stromverbrauche, also geringer Kraftentwickelung des Elektromotors, in Betracht kommt, möglichst gering zu machen, sind die Zapfen und Lager der Welle sehr sorgfältig ausgeführt. Das untere Lager besteht aus Saphir. Ausserdem ist zu der vom Hauptstrome durchflossenen Magnetwickelung *JJ'* noch eine Art »Compoundwickelung« aus wenigen Windungen hinzugefügt. Diese ist in Fig. 586 auf der rechten Seite von *M* zu erkennen und ist, wie ersichtlich, in den Stromkreis des Ankers eingeschaltet. Sie wird also, ebenso wie der Anker, stets von Strom durchflossen, und ihre Wirkung auf den Anker ist so abgeglichen, dass sie der Reibung der Ankerwelle beim Angehen ungefähr das Gleichgewicht hält. Infolgedessen setzt sich der Anker auch bei sehr geringem Stromverbrauche, also sehr geringer Erregung der im Hauptstrome liegenden Magnetwickelung, in Bewegung.

Bei Änderungen der Lufttemperatur ändert sich der spezifische Widerstand der Kupferscheibe und damit, nach dem oben Ausgeführten, auch die bremsende Wirkung der Stahlmagnete. Dieser Übelstand ist in einfachster Weise dadurch behoben, dass der Vorschaltwiderstand *R*, ebenso wie die Wickelung des Trommelankers, aus dem nämlichen Kupfer hergestellt ist wie die Scheibe *D*. In dem Masse, wie bei Temperaturerhöhung die Stromstärke der Wirbelströme in der Scheibe und damit die Bremswirkung nachlässt, sinkt auch die Stromstärke im Anker und damit die Zugkraft des Elektromotors. Es bleibt somit — gleichen Energiekonsum in der Anlage vorausgesetzt — die Drehungsgeschwindigkeit der Zählerachse auch bei wechselnder Lufttemperatur dieselbe.

Eine Bildung von Funken, welche mit der Zeit das exakte Arbeiten des Apparates beeinträchtigen müsste, tritt an dem Kollektor nicht auf. Dieser besteht, ebenso wie die Schleifflächen der Bürsten, aus Silber.

Durch Veränderung des Vorschaltwiderstandes *R* und der Stellung der Bremsmagnete *A* näher dem Rande oder der Mitte der Kupferscheibe wird der Apparat so abgeglichen, dass ein Energieverbrauch von 1 Wattstunde gerade eine Umdrehung der Zählerachse hervorbringt. 1000 Umdrehungen der Achse bewirken eine volle Umdrehung des ersten Zeigers des Zählwerkes, sodass jeder der 10 Teilstriche des ersten Zifferblattes 100 Wattstunden entspricht. Die Zeiger der vier folgenden Zifferblätter drehen sich jeder zehnmal langsamer als der vorhergehende. Die grösste Geschwindigkeit, welche die Welle bei dem Maximum des Stromverbrauches erreicht, für welches der Zähler bestimmt ist, beträgt 60 Umdrehungen in einer Minute.



Fig. 587.

Fig. 587 gibt eine Ansicht der älteren, Fig. 588 der neueren Form in geöffnetem Zustande. Fig. 589 zeigt den Apparat von der Kapsel umschlossen. Ein verglastes Schauloch in der letzteren gestattet, jederzeit die Umdrehungen der Kupferscheibe zu beobachten. Zur Verwendung in Dreileiteranlagen werden die beiden das Magnetfeld bildenden Hauptstromspulen nicht hintereinander in einen und denselben Leitungsstrang geschaltet, sondern die eine kommt in den positiven, die andere in den negativen Aussenleiter.



Fig. 588. Fig. 589.

210. Der Präzisions-Elektricitätszähler für Gleichstrom von Siemens & Halske. Dieser von Dr. A. Raps konstruierte Apparat besteht aus einem guten Strommesser, einem elektromagnetischen Triebwerke nebst Mitnehmer und einem Zählwerke. Er registriert absatzweise derartig, dass in bestimmten, kurzen und stets gleichen Zeitintervallen das Zählwerk um einen Betrag vorwärts bewegt wird, welcher der in dem betreffenden Augenblicke vorhandenen Stromstärke proportional ist. Das genannte Zeitintervall beträgt nur etwa drei Sekunden, sodass selbst bei ziemlich raschen und häufigen Änderungen des Stromverbrauches das Resultat der absatzweisen Registrierung mit dem einer solchen, welche stetig erfolgen würde, gut übereinstimmen muss.

Der Apparat wirkt folgendermassen: Der Strommesser, ein Präzisions-Ampèremeter mit beweglicher Spule und Abzweigwiderstand (vergl. **157**) zeigt die jeweilig vorhandene Stromstärke an. Eine schwere Unruhe (Torsionspendel), welche regelmässige Schwingungen ausführt, bewegt einen Mitnehmer. Dieser

stösst bei jeder Schwingung der Unruhe gegen den Zeiger des Strommessers und führt diesen bis zu seiner Nullstellung zurück. In dem Augenblicke, wo der Mitnehmer den Zeiger berührt, kuppelt er sich mit einem gezahnten Rade, welches somit um einen Winkel gedreht wird, der dem gerade vorhandenen Ausschlage des Stromzeigers entspricht. Beim Zurückschwingen der Unruhe bleibt das genannte Rad stehen. Da nun bei den nach Westonschem Prinzip gebauten Strommessern der Winkel, um welchen der Drahtrahmen und mit ihm der Zeiger sich dreht, der Stromstärke proportional ist (vergl. **154** b), so muss die Anzahl Umdrehungen, welche das erwähnte gezahnte Rad in einer gewissen Zeit gemacht hat, ein Mass sein für die Elektricitätsmenge, welche in dieser Zeit den Apparat durchströmt hat. Das gezahnte Rad bewegt ein Zählwerk.

In Fig. 590 ist *R* die in Kugellagern schwingende, schwere Unruhe. Die Spiralfeder, welche sie in einer Ruhelage festzuhalten bestrebt ist, ist teilweise zu sehen, ebenso das horizontal liegende Magnetsystem des Strommessers und dessen Zeiger nebst Skala. *AB* ist der mit der Unruhe auf derselben Achse sitzende und durch Feder *F* an deren Vorsprung *V* angedrückte Mitnehmer, *f* eine an diesem befestigte, sehr leichte Blattfeder. Diese letztere Feder stösst bei jedem Zurückschwingen der Unruhe gegen einen kleinen Stift, der an dem Zeiger des Strommessers sitzt. Dadurch wird die Feder *f* ein wenig nach unten gebogen, gerade um soviel, dass sie den gezahnten (richtiger: gerauhten) Rand des Rades *Z* berührt. Hierdurch ist dieses Rad mit dem Mitnehmer gekuppelt und wird so weit mitgenommen, bis der Stromzeiger gerade auf 0 angelangt ist. Dieser Punkt ist dadurch genau fixiert, dass der Mitnehmer mit seinem Ende *B* an die Anschlagschraube *S* anstösst. Er bleibt stehen, während die Unruhe noch etwas weiter ausschwingen kann. Dabei entfernt sich ihr Ansatz *V* von dem Ende *B* des Mitnehmers. Nach dem Umkehren fasst die vorwärts schwingende Unruhe den Mitnehmer wieder, die Feder *f* hebt sich aber aus dem Rade *Z* heraus, sodass dieses stehen bleibt. Der Zeiger ist wieder frei, schlägt aus und stellt sich fast aperiodisch ein. Die Unruhe macht bei ihrer Vorwärtsbewegung einen grösseren Ausschlag als der Zeiger, sodass dieser, bevor er beim Zurückschwingen der Unruhe wieder gefasst wird, Zeit hat, sich einzustellen. Raps weist nach, dass beim Anstossen der Feder *f* an den Zeiger erstere eher in das Rad *Z* eingreift, als der Zeiger seine Stellung verändert hat.

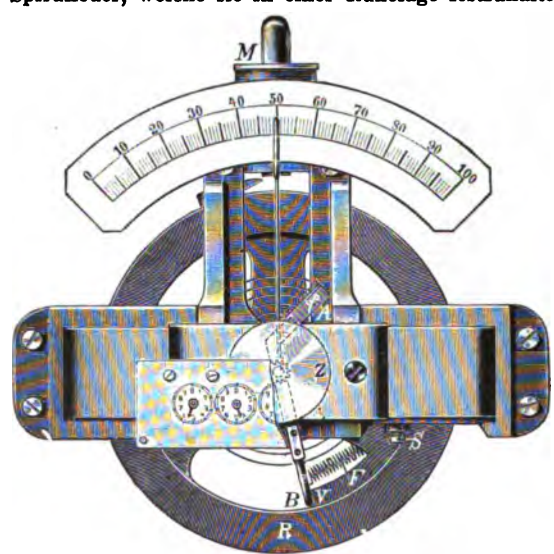


Fig. 590.

Die Unruhe wird durch den Elektromagneten *M* im Gange erhalten. Sie besitzt einen über ihren Rand vorspringenden, schnabelförmigen, eisernen Ansatz, der in Fig. 590 teilweise zu sehen ist. Dieser befindet sich, so lange der Apparat stillsteht, in der in der Abbildung gezeichneten Stellung nahe den Polen des Elektromagnetes *M*. Wird nun der Hauptausschalter der Anlage, in welcher der Zähler angebracht ist, geschlossen, so wird dadurch der Elektro-

magnet erregt und zieht den Eisenschnabel zu sich heran. Dadurch schwingt die Unruhe vorwärts, gleichzeitig wird aber die Wickelung des Elektromagnetes kurz geschlossen, sodass die Unruhe frei zurückschwingen kann. Bei der nächsten Vorwärtsschwingung erhält sie dadurch, dass beim Passieren ihrer Ruhelage der Kurzschluss für einen Augenblick geöffnet wird, einen neuen Impuls u. s. f. Die Kurzschlussvorrichtung befindet sich auf der in Fig. 590 nicht sichtbaren Seite der Unruhe. Sie besteht aus einem System von Federn und festen Anschlagstiften und soll hier nicht näher beschrieben werden. Die Wickelung des Elektromagnetes *M* ist, wie eine Glühlampe, »auf Spannung geschaltet«, wird also z. B. in einer Anlage von 110 Volt Betriebsspannung durch 110 Volt gespeist. Ein beträchtlicher Widerstand ist noch davor geschaltet. Der Energieverbrauch dieser Antriebsvorrichtung beträgt nur etwa 1 Watt.

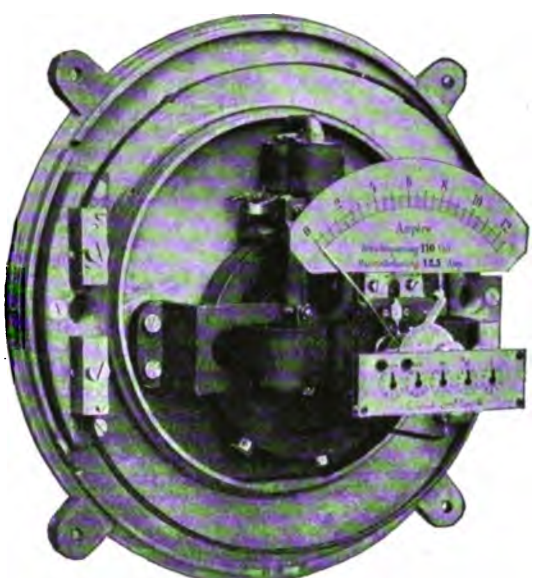


Fig. 591.

Bei verschieden grossen Ausschlägen des Stromzeigers ist die Arbeit, den Zeiger auf 0 zurückzuführen, verschieden gross. Trotzdem wird dadurch die Schwingungsdauer der Unruhe nicht merklich beeinflusst, da deren Masse gegen die des Zeigers nebst Spule sehr gross gemacht ist.



Fig. 592.

Fig. 591 zeigt einen Ampèrestundenzähler für 12,5 Ampère in geöffnetem Zustande. Der Abzweigwiderstand für den Strommesser ist in Form eines Streifens aus Manganinblech um die obere Hälfte des runden Mittelstückes herumgelegt. In Fig. 592 ist der geschlossene Apparat dargestellt. Den vorspringenden mittleren Teil, welcher Messinstrument, Trieb- und Zählwerk enthält, umschliesst eine Metallkapsel mit zwei Glasfenstern, durch die man einerseits das Zählwerk, anderseits die Skala des Strommessers sehen kann. Der weiter zurückliegende äussere Raum, in welchem der Abzweigwiderstand für den Strommesser sich befindet, ist von einem Metallgitter umgeben.

Nach Raps beginnt der Apparat schon bei etwa $^1/_{300}$ der Maximalbelastung zu zählen und der grösste Fehler in den Angaben beträgt zwischen Vollbelastung und $^1/_{10}$ derselben kaum $^1/_2$%, zwischen $^1/_{30}$ und $^1/_{10}$ der Vollbelastung etwa 1%, zwischen $^1/_{100}$ und $^1/_{30}$ der vollen Belastung 5%.

Weitere Einzelheiten der Konstruktion finden sich in der ausführlichen Beschreibung, ETZ 1898, S. 148.

Derselbe Apparat wird auch als Wattstundenzähler ausgeführt. Zu diesem Zwecke erhält das Magnetsystem des Strommessers keinen permanenten, sondern einen Elektromagnet, dessen Wickelung »auf Spannung geschaltet ist . Der Sättigungszustand des Eisens ist so niedrig bemessen, dass sich der Magnetismus bei Schwankungen des Erregerstromes (bezw. der Spannung) noch proportional mit diesem ändert. Infolgedessen ändert sich die Feldstärke des magnetischen Feldes, in welchem die bewegliche Spule sich befindet, proportional der Spannung, der Strom in der Spule proportional der Stromstärke. Daher muss der Ausschlag der Spule in jedem Augenblicke proportional dem Produkte der beiden (vergl. **154**), also der in der Anlage verzehrten elektrischen Energie sein.

Um den aus der Hysteresis im Eisenkreise des Elektromagnetes resultierenden Fehler zu eliminieren, wird die Wickelung des Elektromagnetes vor dem jedesmaligen Registrieren des Ausschlages durch die Unruhe einen Augenblick selbsttätig kurz geschlossen, sodass der Apparat stets bei ansteigendem Magnetismus misst.

Um den Zähler auch für das Dreileitersystem verwendbar zu machen, wird in jeden der beiden Aussenleiter ein Abzweigwiderstand geschaltet und die Wickelung der beweglichen Spule in zwei Hälften geteilt, von denen die eine vom einen, die andere von dem anderen Abzweigwiderstande abgezweigt ist.

211. Verschiedene Angaben über die Benutzung von Zählern. Wie bereits erwähnt, genügt für Anlagen, in welchen die Betriebsspannung stets dieselbe bleibt, ein einfacher Ampèrestunden-Zähler. Das Kabelnetz einer Zentralanlage für Gleichstrombetrieb ist nun häufig so disponiert, dass die Betriebsspannung nicht bei allen Abnehmern gleich ist, dass z. B. ein Teil derselben 110 Volt, ein anderer Teil 107 Volt, ein dritter vielleicht 105 Volt erhält. Dementsprechend werden in den zuerst genannten Anlagen Glühlampen für 110 Volt Normalspannung, in den zweitgenannten solche für 107 Volt, in den letzten solche für 105 Volt verwendet. Da nun die in der Glühlampe erzeugte Lichtmenge nicht allein durch die Stromstärke, sondern durch die in ihr verbrauchte elektrische Arbeit (Spannung mal Stromstärke) bedingt ist, so ist für 16kerzige Lampen von 110 Volt die Stromstärke geringer als für solche von 107 Volt und für die letzteren wieder kleiner als für solche von 105 Volt. Ein gewöhnlicher Ampèrestunden-Zähler wird aber nur durch die Stärke des Verbrauchsstromes, nicht durch die Spannung beeinflusst. Also muss der Zähler in einer Anlage mit 110 Volt Betriebsspannung, nachdem eine bestimmte Anzahl Lampen eine gewisse Zeit gebrannt hat, einen geringeren Verbrauch anzeigen, als wenn ebensoviele Lampen die gleiche Zeit in einer Hausanlage für 107 oder gar 105 Volt Normalspannung im Betriebe gewesen wären. Um dieses Missverhältnis auszugleichen, muss, wenn man nicht Wattstundenzähler anwenden

will, in der Anlage mit höherer Betriebsspannung die Ampèrestunde entsprechend teurer bezahlt werden, oder man lässt Wattstunden bezahlen, welche aus den Angaben des Zählers (d. h. aus den Ampèrestunden) und der für jede Anlage bekannten Betriebsspannung berechnet werden.

Elektricitätszähler bringt man stets so an, dass sie bequem, auch von Laien, insbesondere vom Besitzer der betreffenden Hausanlage, abgelesen werden können, also möglichst an einem hellen Orte und so, dass die Zifferblätter des Zählwerkes sich ungefähr in Augenhöhe befinden. Der betreffende Raum soll ferner ganz trocken und frei von Erschütterungen sein.

Bei den an Blockstationen angeschlossenen Stromabnehmern sind häufig ebenfalls Zähler aufgestellt, soweit der Eigentümer der Blockanlage nicht mit den Konsumenten ein Abkommen getroffen hat, wonach diese ein jährliches Pauschquantum für jede installierte Glühlampe bezw. Bogenlampe bezahlen. Im letzteren Falle sind dann gewöhnlich für die tägliche Stromlieferung bestimmte Stunden vereinbart. Im allgemeinen besteht also zwischen den Einzelanlagen, welche von einer Blockstation, und denjenigen, welche von einer grösseren Zentralstation ihren Strom erhalten, kein wesentlicher Unterschied. Man bringt bei den Anlagen der erstgenannten Art ebenfalls da, wo die Zuleitungen von aussen eintreten, eine Hauptsicherung an, um die Hausanlage jederzeit von dem Verteilungsnetze abtrennen und, z. B. bei Störungen, jeden dieser beiden Teile für sich untersuchen zu können.

Zeitzähler. Bei Hausinstallationen, welche nur einige wenige Lampen enthalten, lässt man in manchen Elektricitätswerken den teuren Elektricitätszähler weg und ersetzt ihn durch einen sogen. Zeitzähler, dessen Preis nicht viel mehr als ein Zehntel von dem des ersteren beträgt. Dieser Apparat enthält ein Zählwerk, welches gewöhnlich stillsteht und durch einen Elektromagneten erst dann ausgelöst wird, wenn der Konsument Strom verbraucht. Der Zähler registriert die Zeit des Stromverbrauches. Der Konsument zahlt ein Pauschquantum für seinen jährlichen (bezw. monatlichen) Stromverbrauch, vorausgesetzt dass dieser eine bestimmte Anzahl Stunden nicht überschreitet. Für die Zeit, welche er länger seine Lampen gebrannt hat, muss er besonders bezahlen. Oder: Er zahlt eine Pauschalsumme für Stromverbrauch bis zu einem bestimmten Maximum (z. B. drei Glühlampen). Er darf bis zu diesem Betrage beliebig lange Strom konsumieren. Nur wenn er den Höchstbetrag überschreitet, schaltet der Zähler sich ein und registriert die Zeitdauer der Überschreitung. Es ist eine ganze Anzahl Konstruktionen von Zeitzählern in Benutzung.

VIII.

Projekt. Kosten.

A. Projektierung einer Anlage für elektrische Beleuchtung.

212. Vorarbeiten. Zur Ausarbeitung des Entwurfes für eine elektrische Beleuchtungsanlage müssen zunächst die Dimensionen und die besonderen örtlichen Verhältnisse des zu beleuchtenden Objektes genau bekannt sein. Es ist deswegen eine Besichtigung des letzteren durch einen Sachverständigen, Vornahme von Ausmessungen und Skizzierung der wesentlichen Teile erforderlich, soweit nicht etwa vorhandene Grundriss- und Aufrisszeichnungen benutzt werden können. Aus der Art des zu beleuchtenden Objektes (ob Wohnraum, Bureau, Werkstätte, Fabrikraum, Saal, Halle, Platz u. s. w.) ergibt sich meistens schon die Art der anzuwendenden Lampen (ob Bogen- oder Glühlampen), auch ungefähr die erforderliche Beleuchtungsstärke und häufig die Verteilung der Lampen. Indessen hängt dabei viel von den besonderen Wünschen des Bestellers der Anlage ab, mit welchem die Besichtigung am zweckmässigsten gemeinschaftlich vorgenommen wird. Die Ermittelung der Zahl und Lichtstärke der Lampen, ihrer Höhe über dem Boden und ihrer Verteilung geschieht mittels Rechnung meist nur bei grösseren Räumen, wie Sälen und Hallen, oder bei Platz- und Strassenbeleuchtungen. Bei Beleuchtung von Wohnzimmern, Bureaux, sowie Werkstätten, in welchen es hauptsächlich auf genügende Erhellung einzelner Stellen ankommt, sind die Wünsche des Besitzers in erster Linie massgebend.

Durch die Zahl und Grösse der Lampen ist die zu erzeugende elektrische Arbeit gegeben, durch welche wiederum die erforderliche Betriebskraft bedingt wird. Die Art der Erzeugung der letzteren (ob durch Dampf- oder Gasmaschinen, oder andere Motoren, ferner ob eine schon vorhandene Betriebskraft dazu mit benutzt werden soll u. s. w.), hängt vorwiegend von den besonderen Verhältnissen des Einzelfalles ab. Unter welchen Umständen die eine oder die andere Gattung von Betriebsmaschinen die geeignetere ist, wurde schon früher (Abschnitt I) behandelt, ebenso ob es vorteilhafter ist, nur eine einzige Dynamomaschine anzuwenden oder die Stromerzeugung auf mehrere Maschinen zu verteilen. Die Fälle, in welchen

sich die Hinzufügung von Akkumulatoren empfiehlt, sind ebenfalls in dem bezüglichen Abschnitt (unter **69**) hervorgehoben worden. Nachdem der maximale Stromverbrauch, für welchen die Anlage einzurichten ist, sowie die ungefähre Verteilung der Lampen feststeht, ist der mit Ausarbeitung des Projektes Betraute in der Lage, die für den betreffenden Fall geeignetste Art der Stromerzeugung bezüglich Betriebskraft, Dynamomaschinen und eventuell Akkumulatoren feststellen und dem Besteller der Anlage in dieser Hinsicht Vorschläge machen zu können. Es ist nicht immer gesagt, dass gerade die vom technischen Standpunkte günstigste Betriebsart auch wirklich zur Anwendung kommt, da noch andere Gesichtspunkte, insbesondere der Kostenpunkt, dabei mitsprechen.

Der Ort, an welchem die zur Stromerzeugung erforderlichen Teile der Anlage aufgestellt werden sollen, muss ebenfalls, gleich nachdem Zahl und Verteilung der Lampen im wesentlichen bekanntsind, festgesetzt werden. Die Wahl desselben ist in vielen Fällen für Einzelheiten in der Art des Betriebes mit massgebend. Wenn die zu speisenden Lampen in mehreren Gebäuden verteilt sind (Fabrikbeleuchtung, Blockanlagen), liegt der Maschinenraum dann am günstigsten, wenn das für die Zuleitungen zu den einzelnen Gebäuden erforderliche Kupfergewicht ein Minimum ist.[1]) Indessen kann nur in den seltensten Fällen der Ort für die Stromquelle nach Belieben gewählt werden. Gewöhnlich steht nur ein ganz bestimmter Teil des Grundstückes, oft sogar nur ein bereits vorhandener Raum dafür zur Verfügung.

Erst nachdem über die im vorstehenden genannten Punkte alles wesentliche feststeht, bezw. mit dem Besteller eine Einigung darüber erzielt worden ist, kann das definitive Projekt nebst Kostenanschlag ausgearbeitet werden. Es soll hier zunächst, bevor auf die anzufertigenden Zeichnungen und die Ausführung auf Grund derselben eingegangen wird, noch über die in verschiedenen häufiger vorkommenden Fällen anzuwendenden Beleuchtungsstärken und die Erzielung derselben durch geeignete Wahl, Verteilung und Aufhängung der Lampen das wesentlichste vorausgeschickt werden.

Über Beleuchtungsstärke, Verteilung und Anbringung der Lampen.

218. Berechnung der Beleuchtungsstärke. Wenn es sich um Beleuchtung grösserer Räume oder von Plätzen und Strassen

[1]) Wie bei gegebener Zahl und Verteilung der Lampen der günstigste Ort für die Stromquelle durch Rechnung gefunden wird, vergl. »Hülfsbuch« von Grawinkel & Strecker; Neureiter, »Verteilung der elektrischen Energie«, Leipzig 1903; Hochenegg, »Elektrische Leitungen«, Berlin und München 1902.

handelt, bezieht man die zu erreichende Beleuchtungsstärke gewöhnlich auf die Bodenfläche. Es ist ja fast stets der Boden in erster Linie zu erhellen, da auf diesem die Menschen und die Gegenstände, welche deutlich gesehen werden sollen, sich befinden. Auf der unterhalb einer Lichtquelle befindlichen Bodenfläche kann die Beleuchtung naturgemäss nicht an allen Stellen dieselbe sein. Gesetzt, die Lichtstärke der Lampe sei nach allen Richtungen gleich gross, so sind die Teile des Bodens senkrecht unter der Lampe am stärksten beleuchtet, während von da aus nach aussen die Beleuchtung mehr und mehr abnimmt, da einmal die Entfernung von der Lichtquelle wächst und ausserdem die Lichtstrahlen immer schräger auffallen. Man findet die in Lux (Meterkerzen, vergl. 77) ausgedrückte Beleuchtungsstärke B an irgend einem Punkte P der zu beleuchtenden ebenen Bodenfläche (Fig. 593) nach der Formel

$$B = \frac{L}{a^2} \cos \alpha = \frac{L}{h^2 + r^2} \cos \alpha,$$

wobei L die Lichtstärke der Lichtquelle in Kerzen, a die Entfernung des Punktes P von derselben in Meter, α den Winkel bedeutet, welchen a mit der in P errichteten Senkrechten bildet, während h den senkrechten Abstand der Lichtquelle von der zu beleuchtenden Ebene und r die Entfernung des Punktes P vom Fusspunkte C der Senkrechten h bezeichnet.

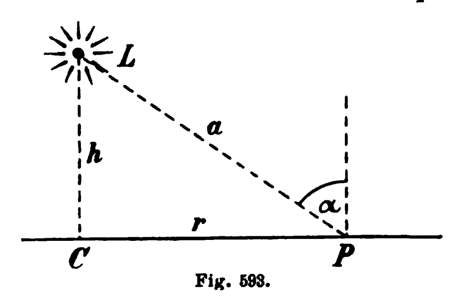


Fig. 593.

Wo das Licht senkrecht auffällt (in C), ist der Winkel $\alpha = 0$, sodass $\cos \alpha = 1$, also $B = \frac{L}{a^2}$.

Ist z. B. L eine 16 kerzige Glühlampe, ihre senkrechte Höhe h über der zu beleuchtenden Ebene 1,8 m, so ist die Beleuchtung in C (senkrecht unter der Lampe) $\frac{16}{1{,}8^2} = 4{,}94$ Lux und die Beleuchtung B in P, wenn $r = 2{,}12\ m$ ($a = 2{,}78\ m$, $\alpha = 49^0\ 35'$, $\cos \alpha = 0{,}648$)

$$B = \frac{16}{1{,}8^2 + 2{,}12^2}\ 0{,}648 = \frac{16}{7{,}734}\ 0{,}648 = 1{,}34 \text{ Lux.}$$

214. Berechnung für bestimmte Fälle. Zahlenbeispiele. Eine Bodenfläche gleichmässig zu beleuchten, ist nach dem Vorstehenden nicht möglich, da das Licht stets nur von einer beschränkten Zahl von Lichtquellen, also von einzelnen Punkten, bezw. kleinen Flächen ausgeht. Werden Lichtquellen verwendet, deren Lichtstärke nach allen

Richtungen dieselbe ist, so erhalten die Teile des Bodens, welche senkrecht unter einer Lampe liegen, die stärkste Beleuchtung, die nach aussen gelegenen weniger. Durch Vermehrung der Zahl der Lichtquellen und Annäherung derselben aneinander kann die Bodenbeleuchtung gleichmässiger gemacht werden. Für die Berechnung der Beleuchtung einer Bodenfläche geht man jedoch zunächst von der einzelnen Lichtquelle aus. Zieht man um den senkrecht unter ihr auf dem Boden gelegenen Punkt als Mittelpunkt Kreise von verschiedenem Durchmesser auf der ebenen Bodenfläche, so ist auf der ganzen Peripherie jedes dieser Kreise die Beleuchtung dieselbe, aber um so kleiner, je grösser der Radius des betreffenden Kreises ist. Der Radius der Kreisfläche, für deren Beleuchtung eine Lampe von gegebener Lichtstärke bei gegebener Höhe über dem Boden ausreicht, ist dadurch bestimmt, dass an der Peripherie des Kreises noch das zulässige Minimum der Beleuchtungsstärke vorhanden sein muss. Dieser Mindestbetrag ist natürlich je nach der Art des Beleuchtungsobjektes sehr verschieden. Eine und dieselbe mittlere Beleuchtungsstärke lässt sich aber durch niedrig hängende Lichtquellen von kleinerer, oder durch höher hängende Lampen von grösserer Lichtstärke erreichen. Im ersteren Falle muss die Zahl der Lampen entsprechend vermehrt werden. Bekannt ist im allgemeinen nur die Grösse der zu beleuchtenden Bodenfläche und der erforderliche Mindestbetrag der Beleuchtungsstärke. Die Zahl und Lichtstärke der zu verwendenden Lampen steht frei. Setzt man eine dieser beiden Grössen willkürlich fest, so ist die andere dadurch gegeben und gleichzeitig auch die Höhe, in welcher die Lampen über dem Boden aufzuhängen sind. In letzterer Beziehung erweist es sich nämlich als günstig, die Höhe gleich $^7/_{10}$ vom Radius der Kreisfläche zu machen, welche durch die Lampe beleuchtet werden soll. Hängt die Lampe tiefer, bezw. will man einen noch grösseren Kreis als angegeben durch sie beleuchten, so treffen die Lichtstrahlen die Stellen nahe der Peripherie des Kreises so schräg, dass hier die Ausnützung der Lichtquelle zu unökonomisch wird. Durch vorstehende Festsetzung und durch das zulässige Beleuchtungsminimum ist der Radius festgelegt.

Bei der eben getroffenen Bestimmung, dass $h = 0{,}7\ r$ (siehe Fig. 593, in welcher zwischen h und r dieses Verhältnis besteht) sein soll, ist für die auf der Peripherie der zu beleuchtenden Kreisfläche liegenden Punkte der Winkel $\alpha = 55^0$, also $\cos \alpha = 0{,}574$. Die Beleuchtung in der Mitte der Kreisfläche, d. h. senkrecht unter der Lichtquelle, ist:

$$\frac{L}{(0{,}7\ r)^2} = \frac{L}{0{,}49\ r^2} = 2{,}04\ \frac{L}{r^2}\ \text{Lux}$$

und die Beleuchtung an einem Punkte der Peripherie des Kreises:

$$\frac{L}{(0,7\,r)^2 + r^2} \cos 55^0 = \frac{L}{1,49\,r^2}\,0,574 = 0,385\,\frac{L}{r^2} \text{ Lux.}$$

Die Punkte des Randes der Kreisfläche sind also 5,3 mal schwächer erhellt, als der senkrecht unter der Lichtquelle liegende Mittelpunkt, vorausgesetzt, dass die Lichtstärke der Lichtquelle nach allen Richtungen dieselbe sei.

Wie bei gegebener Bodenfläche und gegebener Minimalbeleuchtung die erforderliche Lichtstärke einer Lichtquelle, welche die gewünschte Beleuchtung allein liefern soll, sich nach dem vorstehend Ausgeführten berechnen lässt, zeigt das folgende

Beispiel. Es sei eine kreisförmige Bodenfläche von 8,5 *m* Radius durch eine einzige Lichtquelle zu beleuchten. An keiner Stelle der Kreisfläche soll die Beleuchtungsstärke weniger als 3 Lux (Meterkerzen) betragen. Bei der Berechnung werde angenommen, dass die Lichtstärke der Lampe nach allen Richtungen dieselbe sei.

Zunächst ist die Höhe, in der die Lichtquelle anzubringen ist, $0,7 \times 8,5 = 5,95$ *m*. Beträgt am Rande die Beleuchtung 3 Lux, so ist also

$$3 = 0,385\,\frac{L}{r^2} = 0,385\,\frac{L}{8,5^2}$$

und hieraus

$$L = \frac{3 \times 8,5^2}{0,385} = 563 \text{ Kerzen.}$$

Anderes Beispiel. Wie gross kann der Radius r einer runden Tischfläche sein, über deren Mitte eine Glühlampe von 16 Kerzen in der Höhe h aufgehängt ist, wenn am Rande des Tisches die Beleuchtungsstärke noch 15 Lux betragen soll?

Gemäss der oben abgeleiteten Formel für die Lichtstärke an der Peripherie der zu beleuchtenden Kreisfläche:

$B = 0,385\,\frac{L}{r^2}$ ist im vorliegenden Falle $15 = 0,385\,\frac{16}{r^2}$, woraus

$$r = \sqrt{\frac{0,385 \times 16}{15}} = \sqrt{0,41} = 0,64 \text{ m.}$$

Die Höhe, in der die Lampe anzubringen ist, beträgt darnach $0,7 \times 0,64 =$ rund $0,45$ *m*. In der Mitte des Tisches herrscht die Beleuchtungsstärke $2,04\,\frac{16}{0,64^2} = 80$ Lux.

215. Beleuchtung einer Bodenfläche durch mehrere Lichtquellen. Auf ähnliche Weise lassen sich für eine Lichtquelle von gegebener Lichtstärke die am Rande des Beleuchtungskreises oder an anderen Stellen desselben erzeugten Beleuchtungsstärken berechnen,

welche erhalten werden, wenn man die Lampe in verschiedenen Höhen h aufhängt und den Radius des Beleuchtungskreises in jedem Falle zu $\frac{h}{0,7}$ annimmt, oder die Höhe aus Lichtstärke und Minimalbeleuchtung, wenn die Grösse der auf die Lampe zu rechnenden Bodenfläche freisteht.

Wie schon früher erwähnt, verwendet man jedoch zur Beleuchtung einer grossen Bodenfläche (Saal, Halle, Platz u. s. w.) kaum jemals eine einzige Lampe, um die grellen, tiefen Schatten, welche in diesem Falle entstehen würden, zu vermeiden, sondern verteilt die Beleuchtung auf mehrere Lichtquellen. Es erhält infolgedessen jeder Punkt der Bodenfläche von mehreren Lampen gleichzeitig Licht. Zur Berechnung der erforderlichen Lichtstärken, Höhen, Abstände u. s. w. geht man von den Punkten der Bodenfläche aus, welche die geringste Beleuchtung erhalten. Befinden sich die Lichtquellen in gerader Linie und in gleichen Abständen, so herrscht auf der senkrecht unter den Lampen gelegenen geraden Linie das Minimum der Beleuchtung in den Punkten P der Bodenfläche, welche senkrecht unter der Mitte der Verbindungslinie je zweier benachbarter Lampen liegen. Nennt man r den Abstand eines solchen Punktes P von dem senkrecht unter jeder der benachbarten Lampen liegenden Punkte und hält bezüglich der Höhe der Lampen über dem Boden die Bedingung $h = 0,7\ r$ fest, so erhält ein Punkt P von jeder der beiden benachbarten Lampen die Beleuchtungsstärke $0,385\ \frac{L}{r^2}$, im ganzen also die Beleuchtung $0,385\ \frac{2\,L}{r^2}$, was bei der Bemessung des Abstandes der Lampen zu berücksichtigen ist. Dass jeder solche Punkt auch von den weiter entfernten Lampen etwas Licht erhält, kann bei der Berechnung vernachlässigt werden. Die so erzielte Genauigkeit ist völlig ausreichend. Handelt es sich um Beleuchtung eines hauptsächlich in die Länge sich erstreckenden Raumes von mässiger Breite (Strasse, Bahnperron) durch Lampen, welche über der Mitte in einer Reihe aufgehängt sind, so sind zur Berechnung des Beleuchtungsminimums diejenigen Punkte heranzuziehen, welche an den Langseiten in gleichem Abstande von den benachbarten Lampen liegen. Sind, wie es bei Strassenbeleuchtung häufig vorkommt, die Lampen in zwei Reihen nahe den beiden Längsseiten angebracht, so können die ersteren auf beiden Seiten um die Hälfte eines Lampenabstandes gegeneinander versetzt werden. Zur Beleuchtung grösserer Bodenflächen, welche sich nicht nur vorwiegend in einer Richtung ausdehnen (Hallen, Plätze), kann man die Lampen nicht in einer Reihe

aufhängen. Sie sind vielmehr über das ganze Gebiet gleichmässig (wenn möglich) so zu verteilen, dass jede Lichtquelle von allen ihr benachbarten gleichen Abstand hat. Dies ist der Fall, wenn die Lampen in den Ecken von gleichseitigen Dreiecken stehen. Die Stellen geringster Beleuchtung liegen in den Schwerpunkten (Mittelpunkten) der einzelnen Dreiecke. Die Berechnung dieser Beleuchtungsminima geschieht unter der Annahme, dass jeder dieser Punkte nur von den drei in den Ecken des zugehörigen Dreiecks befindlichen Lampen Licht erhalte. Die Ableitung der auf diesen Fall bezüglichen Formeln soll hier, schon aus dem im nächsten Absatze zu erwähnenden Grunde, nicht vorgenommen werden.[1])

216. Ursachen des Abweichens der tatsächlichen Beleuchtung von der berechneten. Die im vorstehenden gegebenen Andeutungen über die Ermittelung der zusammengehörigen Werte der Lichtstärken, Lampenhöhen und Beleuchtungsstärken an verschiedenen Punkten der Bodenfläche sind nur für diejenigen Fälle von praktischem Werte, in welchen ein grösserer Raum durch verhältnismässig wenige, in entsprechenden Abständen voneinander angebrachte Einzellichtquellen erhellt werden soll. Dies ist vorwiegend nur bei der Beleuchtung durch Bogenlampen der Fall, da bei Objekten, welche Glühlichtbeleuchtung erhalten, die Verhältnisse selten so einfach liegen. Allein auch bei reiner Bogenlichtbeleuchtung treten Nebenumstände hinzu, welche bewirken, dass die tatsächliche Beleuchtung der verschiedenen Teile der Bodenfläche doch von dem Ergebnisse der Vorausberechnung mehr oder minder erheblich abweicht. Zunächst die Ungleichheit der Stärke des Bogenlichtes unter verschiedenen Winkeln gegen die Horizontale (vergl. **81**). Zur Berechnung benutzt man zwar die mittlere räumliche Lichtstärke (berechnet auf den Raum unterhalb der durch den Lichtbogen gelegten Horizontalebene), bleibt aber auch damit von den tatsächlichen Verhältnissen noch entfernt, insbesondere deswegen, weil bei der gewöhnlichen Bogenlampe die senkrecht nach unten und in den wenig hiervon verschiedenen Richtungen geworfene Lichtmenge so ausserordentlich gering ist. Allerdings bewirkt gerade die dem Bogenlichte eigentümliche Lichtverteilung, dass die durch die einzelne Lampe erreichte Bodenbeleuchtung gleichmässiger ausfällt, als sie sich aus den oben angeführten Formeln ergibt. Bei Glühlichtbeleuchtung durch einzelne nach unten hängende Lampen ist dagegen die Ungleichmässigkeit der Lichtstärke nach verschiedenen Richtungen weit geringer.

Ferner ist bei den Berechnungen nicht berücksichtigt der Einfluss von mitbeleuchteten Seiten- und Deckenflächen auf die Boden-

[1]) Die Berechnungen für diesen Fall und für einige andere, hier nicht angeführte Fälle finden sich im »Hülfsbuch«, 4. Aufl., § 535 und 536.

beleuchtung. Dieser kann, wenn helle Mauern oder Wände und Decken nahe den Lampen liegen, sehr erheblich sein. Er trägt in den meisten Fällen dazu bei, die Bodenbeleuchtung heller und gleichmässiger und die ganze Erleuchtung überhaupt dem Auge angenehmer zu machen. Am besten stimmt noch die wirklich erzielte Erhellung des Bodens mit der durch Rechnung gefundenen überein bei Beleuchtung grösserer freier Plätze (wie Rangierbahnhöfe) durch wenige hoch angebrachte Bogenlampen von entsprechend grosser Lichtstärke, und es sollte in solchen Fällen die Vornahme dieser Berechnungen nicht verabsäumt werden. Indessen ist man nur selten in der Lage, die Lampen in grösserer Höhe anbringen und ihnen entsprechend grosse Lichtstärke geben zu können. Meist wird eine in kleinere Beträge zerteilte Beleuchtung vorgezogen, weil sie gleichmässiger und freundlicher erscheint. Auch wird bezüglich der Höhen, in welchen die Bogenlampen der verschiedenen Lichtstärken aufgehängt werden, im allgemeinen nur ein verhältnismässig geringer Spielraum bei jeder einzelnen Grösse zugelassen. Es hat dies die Praxis so mit sich gebracht, wenn auch, je nach den in den verschiedenen Fällen erforderlichen Beleuchtungsstärken, die Grenzen weniger eng zu sein brauchten. Aus diesen Gründen sind Angaben über die praktisch ausprobierten, gebräuchlichen Beleuchtungsstärken, Lichtstärken, Lampenhöhen u. s. w. reichlich ebenso wichtig als die Mitteilung von Rechnungsmethoden. Noch mehr gilt dies bezüglich der Beleuchtung kleinerer Innenräume durch Glühlampen. Hier spricht noch eine Menge anderer Faktoren mit: die Farbe der Wände und Decken, die Art der Ausstattung derselben mit Vorhängen, Stoffen und dergl., die durch die Dekoration bedingte Verteilung der Lampen, die Bestimmung des Raumes (ob Allgemeinbeleuchtung, allgemeine Bodenbeleuchtung oder Beleuchtung einzelner Stellen gewünscht wird), die teilweise Umhüllung der Lampen mit matten oder farbigen Glasschalen, die Anbringung von Reflektoren über denselben u. s. w. Nützlicher als Rechnungen ist auch hier meist, abgesehen von dem Eingehen auf besondere Wünsche des Bestellers, die Erfahrung, die in ähnlichen Fällen gewonnen wurde.

217. Angaben aus der Praxis. Bei Beleuchtung mit gewöhnlichem Bogenlicht kann man, vorausgesetzt, dass die Lampen in der ihrer Lichtstärke entsprechenden Höhe (über welche später noch Angaben folgen) aufgehängt werden, sich für einige häufiger vorkommende Beleuchtungsobjekte nach den Zahlen der folgenden Tabelle ungefähr richten. In dieser ist der auf 1 *qm* Bodenfläche durchschnittlich entfallende Betrag der mittleren räumlichen Lichtstärke (unterhalb der Horizontalen) des offen brennenden Bogen-

lichtes angegeben, jedoch vorausgesetzt, dass die Lampe mit einer durchscheinenden Gasglocke versehen sei.

Tabelle 48.

Beleuchtungsobjekt	Von der mittleren räumlichen Lichtstärke der Bogenlampen ist für 1 qm Bodenfläche zu rechnen
Höfe von Fabriken, Brauereien u. s. w. . .	0,3—0,5 Kerzenstärken
Bahnhofshallen	0,5—1,0 »
Markthallen	1,5—2,5 »
Fabrikhallen (Giessereien, Maschinenfabriken)	2—3 »
Fabriksäle (Webereien, Druckereien) . . .	3—5 »
Restaurationen, Läden, Konzert- und Ballsäle	4—10 »

Dabei ist jedoch bei Beleuchtung kleinerer Innenräume darauf zu achten, dass mehr als eine einzige Lichtquelle vorhanden sei, um die zu grellen Schatten zu vermeiden. Statt einer Bogenlampe von etwa 700 bis 800 Kerzen wird man also stets zwei zu je 300 bis 400 wählen, es sei denn, dass noch nebenher Glühlampen, etwa an Wandarmen, vorhanden sind. Tabelle 49 enthält Angaben über die ungefähre Bodenfläche, welche bei den verschiedenartigen Beleuchtungsobjekten durch je eine Bogenlampe der verschiedenen Stromstärken beleuchtet werden kann, wenn die Lampe mit einer durchscheinenden Glasglocke versehen ist. Die Zahlen sind mit Hülfe der obigen Tabelle 48, sowie der früheren Angaben (vergl. **81**) über die mittlere räumliche Lichtstärke der einzelnen Bogenlampengrössen berechnet.

Tabelle 49.

Beleuchtungsobjekt	Bodenfläche in *qm*, auf welche 1 Lampe zu rechnen ist, deren Stromstärke beträgt						
	3 A	4 A	6 A	8 A	9 A	10 A	12 A
Fabrikhöfe	—	500	900	1400	1600	2000	2700
Bahnhofshallen	—	—	500	700	900	1100	1500
Markthallen	—	—	200	300	350	400	550
Fabrikhallen	—	80	150	230	270	320	450
Fabriksäle	30	50	100	150	—	—	—
Restaurationen, Läden, Konzert- und Ballsäle	15	25	45	65	—	90	—

Die Höhe über dem Boden, in welcher Bogenlampen aufgehängt werden, richtet sich zunächst nach der gewünschten Stärke der Bodenbeleuchtung und zugleich nach der Lichtstärke bezw. Stromstärke der Lampe. Denn wie bereits erwähnt, gibt es für jede Lampengrösse eine grösste und geringste Höhe, über welche man praktisch nach oben bezw. unten nicht hinausgeht. Eine starke Bodenbeleuchtung in geschlossenen Räumen, welche nur eine mässige Aufhängehöhe zulassen, führt man nicht durch wenige Lampen von grösserer

Lichtstärke, sondern stets durch eine grössere Zahl kleiner Lampen aus, welche entsprechend tief gehängt werden. Ebenso werden zu Beleuchtungen geringer Intensität, wie sie für grössere Hallen oder Plätze erforderlich ist, starke Lampen hoch, nicht aber solche von kleinerer Lichtstärke in entsprechend grösserer Zahl aufgehängt. Diese Grenzen sind zum Teil durch Rücksichten auf die Gleichmässigkeit der Beleuchtung, sowie auf die Kosten bedingt. Tabelle 50 enthält für gewöhnliche Bogenlampen der verschiedenen Lichtstärken die Grenzen der Höhen, in welchen sie aufgehängt werden.

Tabelle 50.

	Stromstärke der Bogenlampe in Ampère						
	3	4	6	8	9	10	12
Höhe des Lichtbogens über dem Boden, in Meter .	2,5—4	2,5—6	3—8	3,5—10	4—11	5—12	6—14

Damit in Innenräumen dem Lichtbogen die gewünschte Höhe über dem Fussboden gegeben werden könne, muss die Deckenhöhe des Raumes reichlich um soviel grösser sein, als der Abstand des Lichtpunktes vom Aufhängepunkt der Lampe beträgt. Diese Entfernung ist bei zweckmässig konstruierten Nebenschlusslampen 35 bis 40 *cm*, bei Differentiallampen unter Umständen bis zu 80 *cm*. Man verwendet in Innenräumen von mässiger Höhe am häufigsten Nebenschlusslampen. Zur Beleuchtung von Räumen, deren Deckenhöhe weniger als 3,5 *m* beträgt, benutzt man am besten überhaupt keine Bogenlampen, da bei sehr niedrig hängenden Bogenlampen der Lichtpunkt nur noch wenig höher ist als das Auge, sodass dieses stark geblendet wird.

Ist genügende Höhe zur Verfügung und die zu wählende Lampengrösse noch fraglich, so ist zu bedenken, dass bei Verwendung von Lampen grosser Lichtstärke die erforderliche Lampenzahl zwar kleiner ist, die Anschaffungskosten bei der unbedeutenden Preisdifferenz zwischen den verschiedenen Grössen also geringer ausfallen als bei Beleuchtung durch zahlreiche kleinere Lampen, dass aber im ersteren Falle der Verbrauch an elektrischer Arbeit und damit die Betriebskosten unter Umständen grösser werden. Denn es lässt sich z. B. eine Lampe von 10 bis 11 Ampère ganz gut durch zwei entsprechend niedrig hängende von 4 Ampère ersetzen, ohne dass die mittlere Bodenbeleuchtung wesentlich schlechter wird, da der Abstand vom Boden geringer ist und man mit kleineren Lampen eine gleichmässigere Lichtverteilung erzielt.

Wertvolle Zahlenangaben über die in Innenräumen verschiedener Art erforderlichen Beleuchtungsstärken geben Körting & Mathiesen

in ihrer Broschüre über indirekte Bogenlichtbeleuchtung. Darnach bedürfen:

Spinnereien	15	bis	20	Lux	(Meterkerzen)
Webereien	25	»	40	»	»
Maschinenfabriken	30	»	40	»	»
Feinmechan. Werkstätten . .	35	»	45	»	»
Setzersäle und Druckereien .	40	»	50	»	»
Hörsäle	20	»	40	»	»
Zeichensäle	50	»	60	»	»
Kaufmännische Bureaux . .	25	»	35	»	»
Verkaufsläden	25	»	45	»	»

Die angegebenen Beleuchtungen sollen in der Höhe des Raumes herrschen, in welcher gearbeitet wird, also ungefähr in Tischhöhe.

Eine Strassenbeleuchtung wird am billigsten und recht gleichmässig, wenn die Bogenlampen über der Mitte der Strasse aufgehängt werden. Verwendet man Lampen von 10 Ampère Stromstärke, also etwa 800 Kerzen mittlerer räumlicher Lichtstärke unterhalb der Horizontalen (ohne Glasglocke gemessen), so wird bei Strassen von 20 *m* Breite eine gute Beleuchtung, wie sie z. B. für eine Bahnhofshalle ausreichen würde, erzielt durch Aufhängung der Lampen in 60 bis 80 *m* Abstand bei 8 bis 10 *m* Höhe des Lichtpunktes. Kann die genannte Aufhängungsart aus irgend welchen Gründen nicht zur Anwendung kommen, so werden die Lampen rechts und links vom Fahrdamm am Rande des Bürgersteiges auf Ständern angebracht und eventuell auf beiden Seiten gegeneinander versetzt. Der Abstand einer Lampe von den beiden ihr benachbarten auf der entgegengesetzten Seite kann bei 10 Ampère-Lampen 60 bis 80 *m* betragen, um eine schon reichlich helle Beleuchtung des ganzen Strassenterrains zu erhalten. Wird bei sehr verkehrsreichen Strassen eine noch glänzendere Erleuchtung gewünscht, so rückt man die Lampen näher zusammen und hängt sie entsprechend tiefer auf. Für eine schwächere Strassenbeleuchtung ist dagegen die Verwendung von Lampen grösserer Stromstärke (16 bis 20 Ampère), welche auf hohen Masten in grösseren Entfernungen angebracht werden, zu empfehlen.[1]) Bei Strassenbeleuchtung durch Glühlampen in Hintereinanderschaltung kann man sich bezüglich des Abstandes und der Höhe der einzelnen Lampen nach den bezüglichen Verhältnissen bei Gasbeleuchtung richten.

Über die bei Beleuchtung von Strassen und Plätzen erforderlichen Beleuchtungsstärken lassen sich allgemeine Angaben nicht gut machen. Das Lichtbedürfnis ist sehr verschieden, je nachdem eine mittlere Helligkeit, oder, wie in belebten Strassen einer Grossstadt, eine sehr starke, oder aber, z. B. in einem kleineren Orte, der eine

[1]) Eine wertvolle, ausführliche Abhandlung theoretischer Art über Strassenbeleuchtung mit Bogenlicht findet sich in Maréchal, »L'éclairage à Paris«, Paris, Baudry & Cie., 1894, Chap. XIV.

Wasserkraft auf diese Art ausnutzt, nur eine Beleuchtung wie bei Vollmondschein gewünscht wird. Für Rangierbahnhöfe und Hafenanlagen ist die Verwendung starker Lichtquellen (Stromstärke 15 bis 20 Ampère) in entsprechend grosser Höhe zu empfehlen. Eine Beleuchtung, bei welcher auf 1 *qm* Bodenfläche 0,5 bis 1 Kerzen der mittleren räumlichen Lichtstärke gerechnet sind, genügt hier im allgemeinen. In neuerer Zeit versucht man durch Ausrüstung der Bogenlampen mit geeigneten Schirmen und Reflektoren die Lichtverteilung so zu gestalten, dass alle Teile der zu erhellenden Bodenfläche eine möglichst gleichmässige Beleuchtung erhalten. (Vergl. hierüber Uppenborn, Zeitschr. f. Beleuchtungswesen, 1895, S. 81).

218. Glühlichtbeleuchtung. Zahlenangaben für verschiedene Fälle. Bei der Beleuchtung mit Glühlampen lassen sich ungefähre Beziehungen zwischen Zahl und Lichtstärke der Lampen und der Grösse der zu beleuchtenden horizontalen Fläche nur dann angeben, wenn es sich um die allgemeine Beleuchtung eines Raumes handelt. Für diesen Fall kann man 1 Glühlampe von 16 Kerzen rechnen für ungefähr die folgenden Bodenflächen:

in gewöhnlichen Wohnräumen	7	bis	10 *qm*
in Gesellschaftsräumen (Luxusbeleuchtung) . .	5	»	7 »
in Restaurationen, Läden, Konzert- und Ballsälen	6	»	8 »

Die »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« berechnet die Glühlichtbeleuchtung für verschiedene Arten von Innenräumen folgendermassen:

Tabelle 51.

Bezeichnung der Räume	Auf 1 *qm* Bodenfläche sind zu rechnen	
Elegante Wohnungen.		
Salons	4—5	Kerzenstärken
Wohn- und Speisezimmer	3—3,5	»
Schlafzimmer	1,5—2	»
Nebenräume	1—2	»
Geschäftslokale.		
Verkaufsläden, ohne Auslagen . . .	4—7	»
Schaufenster, pro laufendes Meter . .	3—6	Lampen
Comptoirs und Lager	3—4	Kerzenstärken
Haupt-Bureaux (Banken u. s. w.) . .	5—6	»
Hotels.		
Gesellschaftsräume	5—7	»
Elegante Gastzimmer	3—4	»
Einfache »	2—3	»
Korridore und Nebenräume	1—1,5	»
Wirtschaftsräume	1—2	»
Festräume	9—13	»

Werden andere Grade der Beleuchtung gewünscht, so lässt sich eine Überschlagsrechnung leicht nach dem in **214** und **215** angegebenen Verfahren ausführen, wobei man für jede einzeln aufgehängte Glühlampe, oder für jede zu einem Beleuchtungskörper vereinigte Gruppe von solchen wieder die Regel $h = 0{,}7\ r$ festhalten kann.

Die Höhe, in welcher 16 bis 32 kerzige Glühlampen, welche einen Raum im allgemeinen beleuchten sollen, aufzuhängen sind, entspricht etwa derjenigen der gewöhnlichen Gasbrenner. Einzelne Lampen kann man dem Boden bis auf 2 *m* nähern; Lampengruppen oder Glühlampen von grösserer Lichtstärke werden entsprechend höher angebracht. Im übrigen ist man, z. B. in niederen Räumen, nicht genötigt, einen bestimmten Mindestabstand von der Decke so ängstlich festzuhalten wie bei Gasflammen, wegen der geringen Wärmemenge, welche die Glühlampen ausgeben. Uppenborn empfiehlt, sich bei Projektierung der Allgemeinbeleuchtung von Innenräumen nach den Angaben der folgenden Tabelle ungefähr zu richten.

Tabelle 52.

Dimensionen des Raumes in *m* lang	breit	hoch	Anzahl der Lampen à 16 K.	Höhe der Lampen über dem Fussboden in *m*
4,7	4,7	3,8	2—3	2,0—2,2
5,6	5,6	4,4	5—6	2,0—2,4
7,5	7,5	5,3	9—12	2,5—2,8
10,0	10,0	6,9	16—20	2,8—3,1
12,5	12,5	9,4	25—30	3,5—3,8
15,7	15,7	12,5	40—45	4,0—4,4
18,8	18,8	14,0	60—70	4,7—5,3
22,0	20,0	15,7	100—120	5,6—6,3

Dabei ist selbstverständlich anzunehmen, dass in den Fällen, in welchen die Lampen höher als etwa 2,5 *m* hängen (grössere Räume), dieselben zu kleineren oder grösseren Gruppen an geeigneten Beleuchtungskörpern vereinigt werden. Die Zahlen der Tabelle entsprechen einer mittelstarken Beleuchtung. Eine schwächere Allgemeinbeleuchtung wird man durch Glühlampen kaum ausführen, da die letzteren, wenn es sich um eine möglichst billige, nur eben zureichende Beleuchtung grösserer Innenräume handelt, nicht zur Verwendung kommen. Derartige Räumlichkeiten erleuchtet man durch Glühlampen gewöhnlich nur dann, wenn eine glänzende, luxuriöse Erhellung gewünscht wird, wie bei Ballsälen, feineren Restaurationen, Zuschauerräumen von Theatern und dergl. Genügen die Lampenzahlen der obigen Tabelle nicht, so hängt man eben mehr Lampen auf und hat nur darauf zu achten, dass die Verteilung derselben über den ganzen Raum gleichmässig bleibt. Wo vorhandene Beleuchtungskörper für Gasbeleuchtung (durch Schnitt- oder Argandbrenner) mit Glühlampen

ausgerüstet werden sollen, rechnet man für jeden Gasbrenner, je nach der Lichtstärke desselben, eine Glühlampe von 10, 16 oder 25 Kerzenstärken. Für 1 Gasglühlicht kann man 50 bis 70 Kerzen rechnen. Einzelne Gasbrenner von grösserer Lichtstärke, welche in grösserer Höhe aufgehängt sind, kann man durch ein Bündel Glühlampen von hinreichender Gesamtlichtstärke, welche man sternförmig unter einem Reflektorschirm anbringt, ersetzen.

Für kleinere Räume, bei welchen eine möglichst gleichmässige Beleuchtung grösserer Boden- oder Tischflächen gewünscht wird (Schulzimmer und dergl.), berechnet man zunächst die zur Erzielung einer bestimmten Minimalbeleuchtung erforderliche Lampenzahl, nachdem die Aufhängehöhe festgesetzt ist. Dann wird bei Installation der Lampen jede mit einem weissen Reflektorschirm (aus Milchglas, weiss lackiertem oder weiss emalliertem Blech) versehen, wodurch die Boden- und Tischbeleuchtung beträchtlich gleichmässiger gemacht und ausserdem verstärkt wird. Hängen die einzelnen Lampen niedrig und nahe beieinander, so wählt man die Schirme konisch; dagegen nimmt man sie im Interesse einer möglichst gleichmässigen Lichtverteilung um so flacher, je höher und weiter voneinander entfernt die Lampen angebracht sind. Wegen der erwähnten Möglichkeit, mit Hülfe von Schirmen die Lichtverteilung einigermassen ausgleichen zu können, ist bei Projektierung von Allgemeinbeleuchtungen durch Glühlicht eine strenge, bis in alle Einzelheiten gehende Durchführung der Berechnung nicht geboten. Man ist ja auch stets in der Lage, die Beleuchtung an einzelnen Stellen, wo sie sich bei praktischen Proben als zu schwach erweist, durch Einsetzen von Lampen, welche bei gleicher Spannung für grössere Licht-, bezw. Stromstärke gebaut sind, zu verstärken.

Endlich ist bei Raumbeleuchtung mittels Glühlichts der Einfluss der Farbe der Wände und Decken nicht zu unterschätzen. Es finden sich Angaben, dass bei dunkler, z. B. brauner Farbe dieser Teile (Getäfel, Holzdecken) zur Erzielung der gleichen Bodenbeleuchtung die Gesamtlichtstärke der vorhandenen Lampen um 30 bis 40 % höher sein müsse als bei hellen Wänden und weissen Decken.

219. Beleuchtung von Innenräumen an einzelnen Stellen. Häufig handelt es sich bei Beleuchtung von Innenräumen nicht um eine allgemeine Erhellung, sondern vorwiegend um die Beleuchtung einzelner Stellen. Dieser Fall liegt vor, wenn in Bureaux und Comptoirs die einzelnen Schreibpulte, wenn in kleineren oder grösseren Werkstätten die einzelnen Arbeitsplätze, in Druckereien die Plätze der einzelnen Setzer zu beleuchten sind, auch häufig in Wohnräumen, wenn Glühlampen Tischflächen beleuchten sollen, auf welchen gelesen oder geschrieben wird. Die Anordnung der Lampen gestaltet sich

in den aufgezählten Fällen sehr einfach: jeder zu beleuchtende Einzelplatz erhält seine besondere Glühlampe und zwar, wenn es sich um Beleuchtung von Schreibpulten, Schreib- oder Lesetischen, Setzerkästen handelt, gewöhnlich eine Lampe von 16 Kerzen. In Werkstätten genügt gewöhnlich eine Lampe von 10 ja 8 Kerzen pro Arbeitsplatz. Sollen dagegen in Bureaux je zwei Schreibstellen eine gemeinsame Lampe erhalten, so muss man schon eine solche von 25 bis 32 Kerzen anwenden. Die Höhe und Lichtstärke der Lampen ist in diesen Fällen im Verhältnis zur Grösse der Tischfläche so einzurichten, dass die am wenigsten beleuchteten Teile noch mindestens 10 Lux (Meterkerzen)[1] erhalten und dass die Beleuchtung der hellsten Stellen nicht über etwa 60 Lux beträgt. Reflektorschirme werden bei Beleuchtung von Einzelplätzen stets verwendet, auch in Werkstätten, und zwar im letzteren Falle, um bei der verhältnismässig geringen Höhe, in welcher die Lampen hängen, ein Blenden der Augen zu vermeiden (vergl. die »Werkstattlampe«, Fig. 563).

Gewöhnliche Glühlampen lassen sich in jeder beliebigen Stellung anbringen: mit dem Kohlenfaden nach oben, nach unten oder nach irgend welcher Seitenrichtung. Am günstigsten ist, weil es auf die Bodenbeleuchtung in erster Linie ankommt, die Stellung mit nach unten gerichtetem Faden, da in diesem Falle zwischen dem Leuchtkörper und dem Boden keine Schatten werfenden Teile vorhanden sind. Im Interesse des besseren Aussehens lässt man die Lampen häufig nicht senkrecht nach unten hängen, sondern stellt sie schräg, unter einem Winkel von etwa 45° mit der Horizontalen. Soll jedoch die (in Abschnitt III erwähnte) Möglichkeit, dass der glühende Faden bei Erschütterungen oder infolge anderer Einflüsse mit der Glaswand in Berührung komme, ganz ausgeschlossen sein, so muss man der Lampe doch die Richtung senkrecht nach unten geben. Bei Nernstlampen und Osmiumlampen ist überhaupt nur diese Stellung zulässig.

220. Luxusbeleuchtung in Wohnräumen. Über die Beleuchtung von Wohnräumen, welche mit grösserem Luxus und nach bestimmten Stilarten eingerichtet sind, bestimmte Vorschriften zu geben, ist nicht möglich. Die Form der in solchen Fällen reicher ausgestatteten Beleuchtungskörper soll sich ganz der Zimmereinrichtung anpassen; die Beleuchtung soll hier eine strahlende, vielfach zerteilte, dort eine matte, gedämpfte sein. Auf die Erzielung einer bestimmten Beleuchtungsstärke kommt es meist weniger an, als dass die Beleuchtung so eingerichtet sei, dass in ihr die Möbel und Dekorationsstücke der betreffenden Räume dem Auge den günstigsten, harmonischsten Ein-

---

[1]) In neuester Zeit ist man infolge des gestiegenen Lichtbedürfnisses geneigt, 10 Meterkerzen als geringste zulässige Beleuchtungsstärke für feinere Arbeiten zu niedrig anzusehen und dafür 15 bis 20 Meterkerzen zu setzen.

druck machen, oder dass Toiletten und Gesichter in möglichst vorteilhaftem Lichte erscheinen. Es sprechen hier in erster Linie die Wünsche des Besitzers oder des die sonstige Einrichtung ausführenden Künstlers oder Dekorateurs mit. Doch wird auch der Techniker, sofern er mit natürlichem Geschmack begabt ist, sich im Entwerfen derartiger Luxusbeleuchtungen mit der Zeit Übung erwerben können, sodass er imstande ist, auch in dieser Beziehung dem Besteller mit Vorschlägen an die Hand zu gehen. Beleuchtungskörper der verschiedensten Grössen werden jetzt in den Formen der beliebteren Stile, wie auch in allerlei Phantasieformen bis zu der reichsten Ausstattung von verschiedenen deutschen Firmen ausgeführt. Es lassen sich auch mattierte und verschiedenartig gefärbte Glühlampen bei Beleuchtungen der genannten Art zur Erzielung eigenartiger Lichtwirkungen vielfach verwenden.

221. Wahl zwischen Bogenlicht und Glühlicht. Gemischte Beleuchtung. Wenn auch für die meisten der häufiger vorkommenden Beleuchtungsobjekte die am zweckmässigsten zu verwendende Form des elektrischen Lichtes (ob Bogen- oder Glühlicht) feststeht, so kommen doch noch Fälle vor, in welchen man in Zweifel sein kann, welcher der beiden Beleuchtungsarten man den Vorzug geben soll. Die Entscheidung kann, abgesehen von besonderen Wünschen des Bestellers, erleichtert werden durch die Überlegung, dass eine in viele kleinere Teile zerlegte Beleuchtung, wie das Glühlicht sie mit sich bringt, auf das Auge stets den angenehmeren, freundlicheren, wärmeren Eindruck macht und dass sich durch sie bei Verwendung genügend vieler Lampen die Beleuchtung eines Raumes glänzend und festlich gestalten lässt; ferner dass bei Glühlicht die Farbe der menschlichen Haut günstiger, weil wärmer (rötlicher) wirkt als bei Bogenlicht; endlich aber, dass eine Beleuchtung in der Anlage um so teurer kommt, je zerteilter sie ist, ganz abgesehen davon, dass die Glühlampe für gleiche Lichtstärke ungleich mehr elektrische Arbeit verzehrt als eine Bogenlampe. Daraus ergibt sich, dass man bei Beleuchtung eines Raumes um so eher zum Glühlichte greifen wird, je ausschliesslicher derselbe geselligen oder Vergnügungszwecken dienen soll (Zuschauerräume von Theatern, Säle für Konzerte oder gesellige Vereinigungen und dergl.). Die ganze innere Ausstattung derartiger Räume ist gewöhnlich schon eine reiche, also teuere, sodass es nicht so sehr darauf ankommt, die Beleuchtung möglichst billig zu erzeugen. Die Lampen werden auf eine grössere oder kleinere Anzahl von Beleuchtungskörpern (Kronleuchter und Wandarme) so verteilt, dass eine recht gleichmässige Erhellung erzielt wird. Dagegen wendet man in Fabrikräumen, welche so niedrig sind, dass sie sich ganz gleichmässig nur mittels Glühlichts würden erleuchten lassen, doch

im Interesse eines wohlfeilen Betriebes manchmal kleine Bogenlampen an.

In manchen Fällen lässt sich auch gemischte Beleuchtung (Bogen- und Glühlampen zusammen) mit Vorteil verwenden. Es geschieht dies z. B. in Räumen, die mit künstlerischem Geschmack ausgestattet sind und in welchen man einerseits eine sehr helle Beleuchtung des ganzen Raumes, insbesondere auch der Wände, wünscht, welche durch eine oder mehrere dicht unter der Decke aufgehängte Bogenlampen erreicht wird, während gleichzeitig die dem Bogenlichte eigentümliche grelle Wirkung, verbunden mit tiefen Schatten, gemildert und die Beleuchtung freundlicher gemacht werden soll. Für den letzteren Zweck werden dann einige Glühlampengruppen an den Wänden, auch eventuell um Säulen herum angebracht. Eine derartige Disposition der Beleuchtung wird z. B. in eleganten Restaurationen, Cafés, Hotelsälen, Foyers vielfach angewendet, wobei durch Beifügung der Glühlampen zu den hoch hängenden Bogenlampen ermöglicht wird, dass an den Tischen auch bequem gelesen werden kann.

222. Indirekte Beleuchtung durch Bogenlicht. Zur Beleuchtung von Hör- und Zeichensälen, Schulzimmern, Gemäldesammlungen, Kunstausstellungen usw. hat sich nach vielfachen Versuchen das Bogenlicht gut bewährt, teils weil es in seiner Zusammensetzung dem Tageslichte am nächsten kommt, teils wegen seiner Billigkeit. Damit es aber auch in anderer Beziehung dem diffusen Tageslichte ähnlich wirke, muss es durch geeignete Vorrichtungen möglichst zerstreut werden. Offen brennende Bogenlampen und auch solche, welche in der gewöhnlichen Weise mit Glocken aus durchscheinendem Glase umgeben sind, wirken für die genannten Zwecke zu grell. Sie blenden einerseits das Auge, andrerseits verteilen sie das Licht viel zu ungleichmässig, sodass einzelne Partien der Boden-, Tisch- und Wandflächen zu stark, andere zu schwach beleuchtet werden. Deswegen haben die zahlreichen Ausrüstungen, mit welchen man die Bogenlampen für Räume der genannten Art versieht, alle den Zweck, eine möglichst weitgehende Zerstreuung der Lichtstrahlen zu bewirken. Man erreicht dies dadurch, dass man auf die zu beleuchtenden Gegenstände Strahlen, die direkt vom Lichtpunkte der Bogenlampe kommen, überhaupt nicht gelangen lässt, sondern nur solche, welche entweder an hellen matten Flächen reflektiert oder durch schwach durchscheinende Körper hindurchgegangen oder durch vielfache Brechung zerstreut sind.

Elster umgibt zu diesem Zwecke den Lichtpunkt mit einer Anzahl fächerartig gruppierter Schirme aus Mattglas, welche so zueinander gestellt sind, dass keine Stelle des Raumes vom direkten Lichte getroffen wird. Die Beleuchtung

geschieht ausschliesslich durch Strahlen, welche an dem Mattglase diffus reflektiert oder beim Durchgange durch dasselbe abgeschwächt und ebenfalls zerstreut worden sind. Dadurch wird eine gleichmässige, milde Lichtwirkung erzielt.

Hrabowski hat einen »Oberlicht-Reflektor« konstruiert, welcher für Kunstsammlungen, Zeichen-, Hör- und Operationssäle bestimmt ist

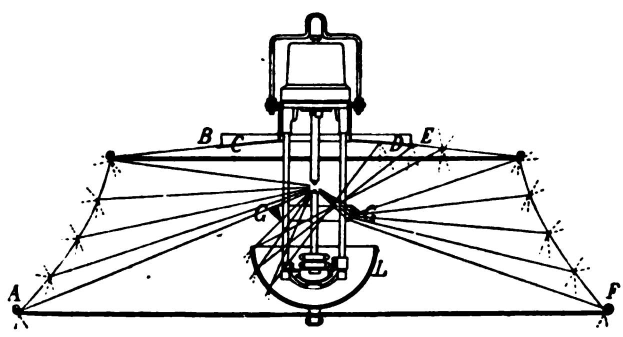


Fig. 594.

und das Tageslicht ersetzen soll. Das Licht einer offen brennenden Bogenlampe wird teils unmittelbar, teils nach vorheriger Reflexion an einer durchscheinenden Blende *L* aus Alabasterglas bezw. nach der Brechung durch einen Glasring *GG* von dreieckigem Querschnitte, auf einen grossen, weissen Leinenschirm geworfen, der nach den zu beleuchtenden Stellen zu hohl gewölbt ist. Dieser Schirm ist der wesentliche Ausgangspunkt der Beleuchtung, und nur in der Mitte desselben kommt etwas Licht aus der erwähnten kleineren, durchscheinenden Blende, die die direkten Strahlen abblendet. Der Apparat von Hrabowski, welcher Fig. 594 im Durchschnitt, Fig. 595 perspektivisch dargestellt ist, wird von Siemens & Halske bis zu 160 *cm* Durchmesser des Schirmes gebaut.

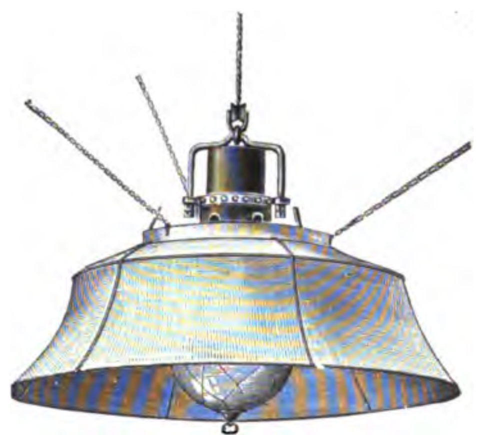


Fig. 595.

Auch für Seitenlicht hat Hrabowski einen ähnlichen Apparat erdacht, der von der »Allgem. Elektr. - Gesellschaft« zur Beleuchtung von Zeichensälen und Gemäldesammlungen verwendet wird. Diesen zeigt Fig. 596 im Durchschnitt. Er besteht aus einem grossen, schräg gestellten, innen mattweissen Reflektorschirm von etwa 2 : 2 *m*. In diesem befindet sich der Lichtpunkt der Bogenlampe etwas exzentrisch, wie die Abbildung zeigt. Die direkten Strahlen der Lampe sind von den zu beleuchtenden Zeichentischen, Gemälden oder dergl. durch einen zweiten, kleineren Reflektor aus durchscheinendem Material abgeblendet, der in der aus der Figur ersichtlichen Weise die Lichtstrahlen teils auf den grossen Schirm zurückwirft, teils als diffuses Licht hindurchlässt. In Zeichensälen werden diese Reflektoren an den Fensterpfeilern angebracht, sodass nach Eintritt der Dunkel-

heit die Beleuchtung von derselben Seite kommt und annähernd ebenso zerstreut ist wie bei Tage.

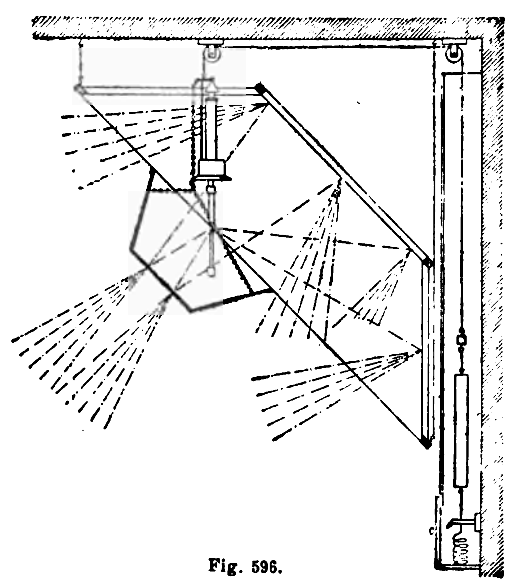


Fig. 596.

Ferner sind zu nennen die »holophanen« Glocken, welche Blondel und Wahlström vorgeschlagen haben, d. h. Glocken aus durchsichtigem Glase, welches jedoch durch Längs- und Querrippen von bestimmter Form in eine grosse Anzahl kleiner, prismen- und linsenartiger Vorsprünge beiderseits zerteilt ist. Diese Vorsprünge bewirken durch vielfache Brechung und Reflexion eine starke Zerstreuung bei nur geringer Schwächung des Lichtes.

In neuerer Zeit hat man mit gutem Erfolge versucht, Zeichensäle, Hörsäle u. dgl. ausschliesslich indirekt zu beleuchten dadurch, dass man das Licht der Bogenlampen zunächst an die mattweisse Decke des Raumes wirft, von der es nach allen Richtungen zurückgestrahlt wird. Auf diese Art ist die Decke der Ausgangspunkt einer stark diffusen und dadurch dem Auge wohltuenden, gleichmässigen Beleuchtung. Der Verlust an Licht ist in diesem

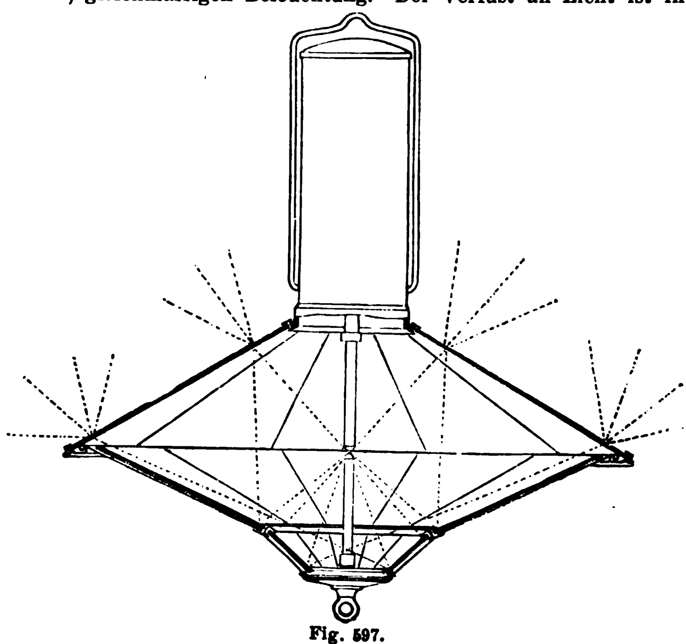


Fig. 597.

Falle nicht so gross, als man ohne weiteres glauben möchte; er beträgt, wenn man den ganzen zu beleuchtenden Raum in Betracht zieht, etwa zwischen 35 und 40%.

Es liegt nahe, für eine derartige indirekte Beleuchtung unter Zuhilfenahme der Decke die Gleichstrom-Bogenlampen so zu gestalten, dass die untere Kohle die positive ist, um den grössten Teil des Lichtes unmittelbar nach oben strahlen zu lassen. Leider erzielt man auf diese Art kein so ruhiges Licht wie im umgekehrten Falle, weil von der negativen Kohlenspitze Teilchen, besonders geschmolzene Kügelchen aus Kieselsäure, in den Krater der positiven Kohle herabfallen, hier verdampfen und dadurch Lichtschwankungen hervorrufen. Nur mit dem allerreinsten Kohlenmaterial erhält man ein erträgliches Licht, dessen Gleichmässigkeit jedoch für Räume, in welchen gezeichnet, gelesen oder geschrieben werden soll, nicht ausreicht. Aus diesem Grunde verwendet man für Hör-, Zeichen- und Lesesäle zur Zeit ausschliesslich Bogenlampen, bei welchen die positive Kohle die obere ist.

Die »Elektr.-Aktien-Gesellschaft, vorm. Schuckert & Co.,« liess früher die nach unten geworfenen Lichtstrahlen auf zwei Systeme von Spiegeln fallen, die unter zwei verschiedenen Winkeln zur Achse der Kohlen gestellt sind (Fig. 597). Hier wurden sie reflektiert und in verschiedenen Richtungen nach oben geworfen. Sie gelangten entweder direkt zur Zimmerdecke oder passierten, wie in der Abbildung angedeutet, ein aus zahlreichen Streifen von durchscheinendem oder geriefeltem Glase gebildetes Dach, durch welches sie schon, bevor sie zur Decke kommen, teilweise diffus gemacht wurden. Statt der genannten Spiegelstreifen benutzt die Firma neuerdings rund gebogene Schirme aus weiss emailliertem Blech, welche fast ebenso gut zurückstrahlen sollen als Glasspiegel, dabei aber haltbarer und billiger sind und das Licht gleich von vornherein zerstreuen. Die Decke aus Mattglas wird dann entbehrlich und nur in Räumen mit feuergefährlichen Substanzen ersetzt man sie durch eine solche aus klarem Glase.

Die Firma Schuckert & Co. gibt an, dass man beim Entwurfe derartiger indirekter Beleuchtungen keinen höheren Aufwand an elektrischer Energie vorzusehen habe, als wenn die gleiche Anzahl und Grösse der Bogenlampen zur direkten Beleuchtung verwendet würde, da die erzielte gleichmässigere Verteilung der Beleuchtung den höheren Lichtverlust wieder aufwiege. Für Räume von etwa 3,8 *m* Höhe, in welchen eine bestimmte minimale Beleuchtungsstärke auf sämtlichen vorhandenen Tischflächen erzielt werden soll, rechnen Schuckert & Co.:

Beleuchtungsstärke in Meterkerzen (Lux)	Anzahl Quadratmeter, welche zu rechnen sind pro Bogenlampe von						
	7 A	8 A	9 A	10 A	11 A	12 A	13 A
45	36	43	51	59	68	77	86
30	55	65	78	91	103	117	132
22	72	87	102	119	136	153	171

Für Räume von ca. 4,4 *m* Höhe, besonders solche von Fabriken gilt die folgende Tabelle:

Beleuchtungsstärke in Meterkerzen (Lux)	Anzahl Quadratmeter, welche zu rechnen sind pro Bogenlampe von						
	8 A	9 A	10 A	11 A	12 A	13 A	15 A
30	64	75	88	100	113	126	154
25	77	90	105	120	135	152	184
20	96	113	131	149	169	190	231
15	128	151	176	200	226	254	309
12	160	189	222	252	295	316	384
10	192	226	262	299	338	380	462
8	230	270	315	360	406	456	553

Die Lampen sollen dabei nahe unter der Decke hängen.

Körting & Mathiesen in Leutzsch stellen ebenfalls Bogenlichtlaternen für sogenannte halbindirekte Beleuchtung her, bei welchen unterhalb des Lichtpunktes sich eine nach oben offene Halbkugel aus Opalglas *a* (Fig. 598) befindet. Diese lässt die Lichtstrahlen teils hindurchgehen, wobei sie diffus ge-

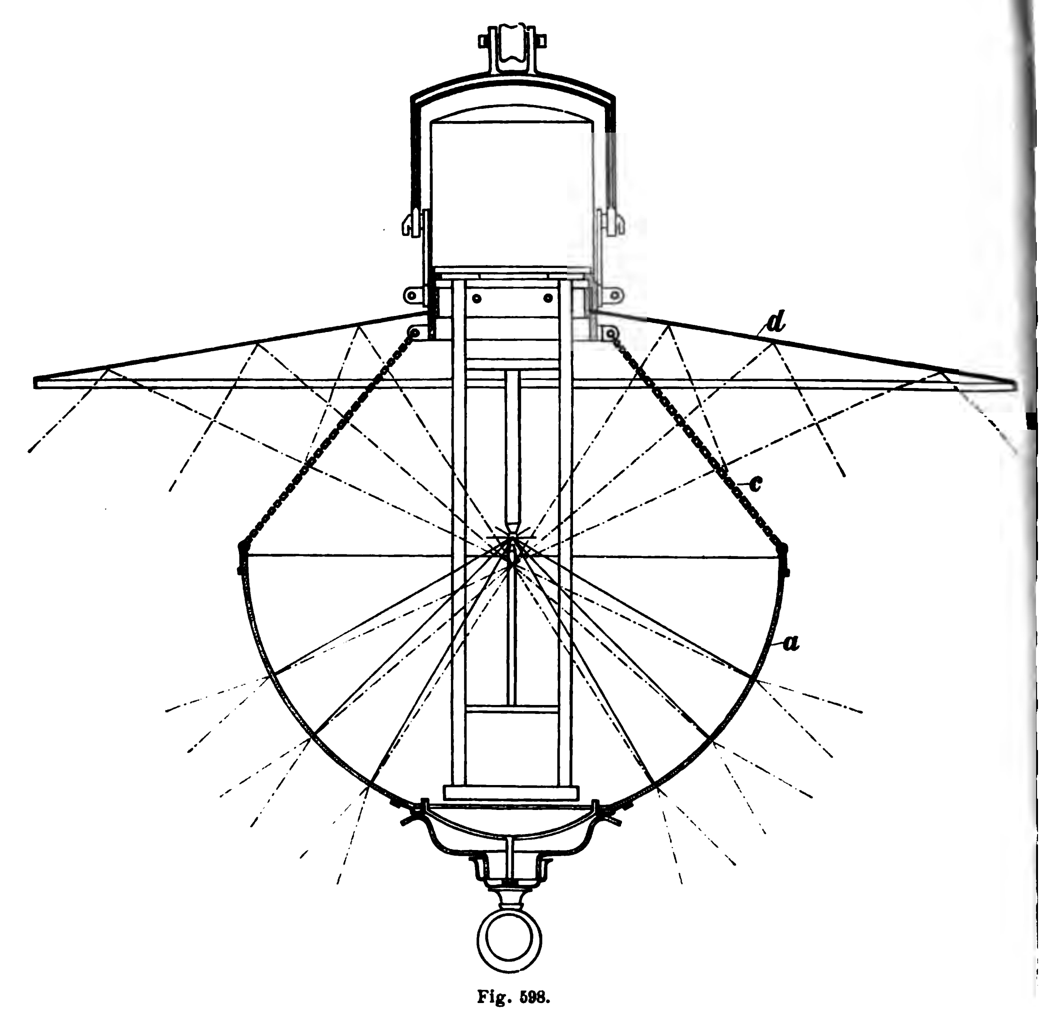


Fig. 598.

macht werden, teils wirft sie sie an die Decke oder nach einem grossen, flachen Reflektorschirme *d*, wovon sie zerstreut nach unten fallen.

Häufiger wendet die Firma eine durchaus indirekte Beleuchtung unter Zuhilfenahme der weissen Decke an. Für Räume, in denen es auf möglichste Gleichmässigkeit des Lichtes nicht so sehr ankommt, wie Fabriksäle, wird die sogenannte Kandelaberlampe, Fig. 599, benutzt, bei der die positive Kohle die untere ist. Der Krater dieser Kohle wirft den grösseren Teil des erzeugten

Lichtes unmittelbar nach der Decke, während die nach unten fallenden Strahlen von einem grossen emaillierten Reflektor diffus nach oben reflektiert werden. Die Kandelaberlampe eignet sich besonders für Räume von mittlerer Höhe (nicht über 5 *m*).

Da wo ein möglichst ruhiges Licht gewünscht wird, wie in Zeichen- und Hörsälen, Gemäldesammlungen usw. wenden Körting & Mathiesen die Fig. 600 im Durchschnitt abgebildete Vorrichtung an. Unterhalb der Bogenlampe hängt an drei Stäbchen oder Ketten *c* ein Reflektor *a* aus weiss emailliertem Blech, der unterwärts noch mit einem verzierten Abschlussstück versehen ist. Alle vom Lichtpunkte nach unten fallenden Strahlen werden durch diesen Reflektor nach der Decke oder, falls keine helle und ebene Decke vorhanden ist, gegen einen grossen, flachen, weissen Schirm geworfen, von wo sie in stark diffusem Zustande nach unten fallen. Der Lichtbogen ist noch von einem kleinen ringförmigen Schirme *e* umgeben, der die direkt nach oben gehenden Strahlen auffängt, nach *a* reflektiert und auf diese Weise verhindert, dass nahe der Decke und an dieser selbst ein heller, scharf abgegrenzter, störender Lichtrand entsteht.

Körting & Mathiesen geben als eine gute Beleuchtungsstärke für die Tischflächen von Hör- und Zeichensälen 25 bis 35 Lux (Meterkerzen) an. Unter der Voraussetzung, dass Bogenlampen von 8 bis 10 Ampère benutzt werden, rechnen sie:

Beleuchtungsstärke in Lux (Meterkerzen) auf den Tischflächen	Bodenfläche, welche pro Lampen-Ampère gerechnet werden kann
	qm
35	4,0
25	5,5
20	6,8
15	9,0
10	13,0


Fig. 599.

Dabei wird die Gesamtzahl der Lampen-Ampère durch Multiplikation der Anzahl Ampère einer Lampe mit der Zahl der Lampen erhalten.

Die Höhe der Räume kann hierbei zwischen 3,5 und 5 *m* betragen. In niederen Räumen hängt man die Lampen unmittelbar unter der Decke auf, in solchen von z. B. 5 *m* Höhe etwa 0,5 *m* tiefer.

Für derartige indirekte Beleuchtung soll man (nach Körting & Mathiesen) Bogenlampen von weniger als 3 Ampère überhaupt nicht, ferner niemals weniger als 2 Bogenlampen von einer der Grösse des Raumes entsprechenden Stromstärke, in Sälen von mehr als 100 *qm* Bodenfläche aber im Interesse einer besseren Lichtverteilung nicht unter 4 Lampen verwenden.

In einer von obiger Firma eingerichteten Anlage für indirekte Beleuchtung wurde die **mittlere** Beleuchtungsstärke in Tischhöhe in mehreren Sälen verschiedener Grösse durch Messungen folgendermassen festgestellt:

Bodenfläche	Anzahl der Bogenlampen	Stromstärke pro Lampe	Beleuchtungsstärke in Meterkerzen (Lux)
qm		Ampère	
255	6	7,5	26,8
140	4	10,0	45,9
54	2	6,0	30,9

Fig. 600

Zur Erzielung einer möglichst gleichmässigen und dem Zwecke des Raumes gut entsprechenden indirekten Beleuchtung kommt viel auf die richtige Verteilung der aufzuhängenden Lampen an. Am besten wird diese durch probeweises Aufhängen und mehrfaches Verhängen der Lampen gefunden. In Hörsälen sollen die Zuhörer mehr Licht von links, als von rechts erhalten, um bequem schreiben zu können.

223. Beleuchtung von Schaufenstern. Die Beleuchtung von Schaufenstern richtet sich in erster Linie nach der Art der ausgestellten Gegenstände, sowie nach den Dimensionen des für die Auslage der Waren verfügbaren Raumes. Eingehende Ratschläge lassen sich hier nicht allgemein geben; es hängt zuviel von örtlichen Besonderheiten, von den Wünschen und dem Geschmacke des die Auslage Arrangierenden, sowie von den verfügbaren Mitteln ab. Doch kann soviel gesagt werden, dass für hohe, geräumige Schaufenster sich Bogenlampen von 6 bis 8 Ampère am besten eignen, insbesondere wenn farbige Stoffe, Teppiche, Tapeten u. dergl. ausgelegt sind, deren Farben dann ungefähr wie bei Tageslicht wirken. Die Beleuchtung wird dabei so stark, dass derartige Auslagen schon von weitem hervortreten und die Vorübergehenden anziehen. Es ist jedoch ganz zu verwerfen, die nur mit einer matten Glasglocke umgebene Lampe wenig über Augenhöhe in der Mitte oder gar im Hintergrunde des Auslageraumes aufzuhängen, wie es häufig genug geschieht. Das Auge wird dann durch das direkte Licht der Kohlen so heftig geblendet, dass ein ruhiges Betrachten und deutliches Sehen der ausgestellten Gegenstände gar nicht möglich ist. Wer eine derartige Anordnung trifft, vergisst, dass nicht eine Bogenlampe ausgestellt ist, sondern dass die Waren es sind, welche das Publikum sehen soll. Die Lampe wird zweckmässig mindestens 1 *m* über der Augenhöhe des Beschauenden aufgehängt, entweder ganz nahe der Glasscheibe, oder, bei wenig tiefen Schaufenstern, besser aussen vor derselben, damit das Licht die ausgelegten Gegenstände unter dem möglichst günstigen Winkel trifft. Sollen die letzteren recht deutlich und bequem betrachtet werden können und die Bogenlampe nicht zu Reklamezwecken schon von weitem sichtbar sein, so umhüllt man diese nach aussen durch einen die Glocke zu $^1/_3$ bis $^1/_2$ umgebenden, undurchsichtigen, innen weissen Blechschirm. Dadurch wird das Blenden vermieden und zugleich die auf die ausgelegten Waren geworfene Lichtmenge vermehrt. Fig. 601 zeigt eine so hergerichtete Lampe von Körting & Mathiesen.


Fig. 601.

Kleinere Schaufenster werden besser mit Glühlampen beleuchtet, die ebenfalls so hoch angebracht werden, dass sie das Auge nicht blenden. Nur wenn sie ganz oben hängen, versieht man sie mit Reflektorschirmen. Wegen der geringen Wärmeabgabe der Glühlampen können diese, wenn man will, an einzelnen Stellen ganz nahe an die

Waren heran-, und darunter gebracht werden.[1]) Auf diese Art, sowie durch verdecktes Anbringen einzelner Glühlampen an geeigneten Stellen lassen sich reizende und eigentümliche Beleuchtungseffekte erzielen, besonders wenn die ausgestellten Gegenstände sich dazu eignen (Gold- und Silberwaren, kunstgewerbliche und Luxusartikel, geschliffene Gläser usw.). Da die Dekoration von Schaufenstern häufig geändert wird, so bringt man in den zuletzt erwähnten Fällen einen Teil der Glühlampen nicht fest an, sondern versieht sie mit gut isolierten, seidebesponnenen Doppellitzen als Zuleitung, welche von Steckkontakten ausgehen und gestatten, die Lampen an beliebigen Stellen provisorisch zu befestigen und leicht wieder wegzunehmen. Bei solchen Veränderungen muss möglichste Vorsicht gegen Feuersgefahr beobachtet werden. Auch eine aus Bogen- und Glühlicht gemischte Beleuchtung kann bei hohen Schaufenstern je nach der Art der Waren sich empfehlen.

Es konnte im vorstehenden die Disposition der Beleuchtung nur für eine Anzahl häufiger vorkommender und in ihren Eigentümlichkeiten bekannterer Objekte behandelt werden. Manche andere Fälle eignen sich weniger zu einer allgemeinen Erörterung, da bei der Ausarbeitung des Beleuchtungsplanes eine mit den Besonderheiten und Erfordernissen, welche die bei dem betreffenden Objekte obwaltenden Verhältnisse mit sich bringen, genau vertraute Person zugezogen werden muss, oder weil von Fall zu Fall verschiedene Bedingungen vorliegen. Es sei in dieser Beziehung genannt die Beleuchtung von Bühnen, von Bergwerken, von Schiffen, Eisenbahnzügen usw. Für ein Installationsgeschäft dürfte sich die Übernahme derartiger Anlagen nur dann rentieren, wenn Aussicht vorhanden ist, dass es öfter solche Aufträge erhält, da diese die Ausführung von mancherlei Spezialkonstruktionen und eine besondere Einschulung des Personales erforderlich machen.[2])

Zeichnungen für die Installation. Ausführung der Arbeiten.

224. Der Installationsplan. Nachdem Art, Zahl und Lichtstärke der Lampen, Verteilung, Art der Anbringung und Aufhänge-

[1]) Doch tut man gut, in solchen Fällen die Glühlampen mit gläsernen Schutzglocken zu versehen. Auch muss man sich hüten, eine Glühlampe in Stoff dicht einzuhüllen, da dieser von der ausgestrahlten Wärme unter Umständen soviel absorbiert, dass er sich bis zur Entzündung erhitzen kann.

[2]) Auch die Ausführung von provisorischen oder dauernden Glühlichtbeleuchtungen für Illuminationszwecke (festliche Gelegenheiten, Gartenlokale) gehört hierher. Man verwendet dazu bunte und weisse Glühlampen von geringer Lichtstärke (2 — 5 K) und entsprechend niederer Spannung, welche in Gruppen von so vielen hintereinander geschaltet werden, dass die Illumination mit z. B. etwa 110 Volt (gewöhnlich von einer vorhandenen Anlage) gespeist werden kann.

höhe derselben für alle Teile des Beleuchtungsobjektes feststehen, bezw. mit dem Besteller der Anlage eine Einigung darüber und über den vorgelegten Kostenanschlag erzielt worden ist, können die bei der Installation zu benutzenden definitiven Zeichnungen angefertigt werden. Erforderlich ist zunächst ein genauer Plan des Leitungsnetzes, eingetragen in den Grundriss des Beleuchtungsobjektes. Bei mehrstöckigen Gebäuden müssen die Leitungen jedes Stockwerkes für sich gezeichnet werden, unter geeigneter Andeutung der Stellen, an welchen die Leitung in benachbarte Stockwerke auf- bezw. absteigt. In dieser Zeichnung ist an jedes unverzweigte Leitungsstück angeschrieben: Länge, Kupferquerschnitt, Art der Isolierung und Art der Verlegung (ob an Porzellanrollen, an Isolierglocken, an Klammern aus Porzellan, in Papierröhren usw.). Ferner sind eingetragen sämtliche Lampen (an der richtigen Stelle, d. h. auf die Grundrissfläche projiziert), unter schematischer Bezeichnung der Art (ob Bogen- oder Glühlampen), der Form der Anbringung (ob einzeln an Decken- oder Wandarm, oder als Tischlampe, oder als bewegliche Lampe mit Steckkontakt, oder ob an einem mehrere Lampen enthaltenden Beleuchtungskörper), sowie einer Andeutung, ob die (Glüh-)Lampe mit Ausschalter versehen ist oder nicht; auch wird die Lichtstärke, bezw. Stromstärke beigeschrieben. Es kommen weiter hinzu alle Ausschalter, ebenfalls schematisch gezeichnet, sodass sich erkennen lässt, ob der Apparat ein- oder zweipolig ausgeführt und für welche Stromstärke er bestimmt ist; endlich die die Sicherungen enthaltenden Verteilungstafeln. Ausserdem werden eingetragen die Vorschaltwiderstände für Bogenlampen unter Angabe der Stromstärke der letzteren. Auch ist die Bestimmung jedes zu beleuchtenden Raumes anzugeben und sind feuchte Räume u. dergl. besonders hervorzuheben.

Je klarer und übersichtlicher dieser Installationsplan gehalten ist, desto besser entspricht er seinem Zwecke. Es soll aus demselben jedermann, insbesondere der die Anlage ausführende Monteur, aber auch ein Laie, z. B. der Besteller, ohne viel Mühe den Lauf und die Verzweigung der Leitungen, alles auf die Lampen bezügliche und die Anbringung der Hilfsapparate erkennen können. Zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, neben der Wahl eines nicht zu kleinen Massstabes für die Grundrisszeichnung,[1]) die verschiedenen Hauptteile (Lampen, Leitungen, Nebenapparate) in verschiedenen Farben einzuzeichnen und auch für die einzutragenden Zahlen verschiedenartige Farben zu verwenden, je nachdem dieselben Leitungslänge, Querschnitt, Stromstärke usw. bedeuten. Es ist zu hoffen, dass bezüglich der für die

[1]) Geeignet ist z. B., je nach Art und Grösse der Anlage, 1 : 50, 1 : 100 oder 1 : 200.

einzelnen Teile anzuwendenden Farben, sowie bezüglich der oben empfohlenen schematischen Bezeichnungen für Art und Anbringung der Lampen und für die Hilfsapparate unter den Installationsgeschäften recht bald einheitliche Formen sich einbürgern werden.[1]) Auf jeden Fall darf eine kurze Erklärung der Zeichen und Farben am Rande des Planes nicht fehlen.

Zur Ermittelung der genauen Leitungslängen, wie sie in den Installationsplan eingetragen werden, ist ein Ausmessen des ganzen Verlaufes der Leitungen erforderlich. Dies kann mit Hilfe eines Bandmasses geschehen, lässt sich aber auch, wo es sich um Innenräume handelt, noch bequemer ausführen durch ein sogenanntes Messrädchen. Dieses ist eine am Rande mit Gummi belegte oder geränderte Scheibe von genau 10 oder 20 *cm* Umfang, welche auf die Achse eines Tourenzählers aufgesteckt wird. Man rollt mit dem Umfange des Rädchens den in Aussicht genommenen Weg der betreffenden Leitung ab und kann dann die Anzahl Umläufe, welche die Scheibe gemacht hat, ablesen. Durch Multiplizieren mit 0,1 bezw. 0,2 erhält man die Länge des Weges in Metern. Hartmann & Braun führen eine derartige Vorrichtung von Dr. O. May aus.

225. Sonstige Zeichnungen. Es ist weiter erforderlich ein Plan der Maschinenanlage im Grundriss und im Aufriss. Die Einzelheiten der Konstruktion der Maschinen brauchen darin nicht gezeichnet zu sein, dagegen alle für die Aufstellung und Verbindung derselben erforderlichen Angaben. Also Lage und Dimensionen der Fundamente, Lage der Wellen, Abstände der Lager, Lage, Dimensionen und Tourenzahlen der Riemenscheiben, Abstände zwischen den Wellen der Betriebsmaschine, des Vorgeleges, falls solches vorhanden, und der Dynamomaschinen, überhaupt alle für die Montage wesentlichen Teile der maschinellen Anlage. Ist die Betriebsmaschine eine Dampfmaschine und kann der Dampf nicht einem schon vorhandenen Kessel entnommen werden, so werden für die Kesselanlage, Schornstein und die neu zu errichtenden Baulichkeiten besondere Baupläne angefertigt, die mit den der Stromerzeugung und -Verteilung dienenden Teilen der Anlage nicht in unmittelbarem Zusammenhang stehen und deswegen nicht zu den hier zu behandelnden Gegenständen gehören. Umfasst die Anlage Akkumulatoren, so ist auch für den Batterieraum eine einfache Grundriss- und Aufrisszeichnung erforderlich. Endlich wird für jede grössere Anlage noch ein Plan des Schaltbrettes angefertigt. Dieser enthält zunächst eine Ansichtzeichnung, welche die Anordnung der verschiedenen Apparate auf der Tafel erkennen lässt,

[1]) Brauchbare, der Praxis entstammende Vorschläge dieser Art finden sich in den »Sicherheitsvorschriften« des »Verb. D. El.«

und ausserdem eine mehr schematische Zeichnung, auf welcher die Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Apparaten, sowie diejenigen mit den Maschinen, Akkumulatoren und Verbrauchsstromkreisen, insbesondere auch soweit sie auf der Hinterseite der Schaltwand laufen, deutlich zu erkennen sind.

226. Ausführung der Installation. Arbeitskräfte. Probebetrieb. Für die Ausführung des Leitungsnetzes im Inneren eines Gebäudes werden zweckmässig die Wege für die Leitungen an den Wänden angezeichnet, oder doch markiert, auch die Stellen, an welchen Beleuchtungskörper, Sicherungen, Ausschalter usw. angebracht werden sollen, deutlich gekennzeichnet. Insbesondere in Neubauten, deren Wände noch nicht tapeziert oder gestrichen sind, ist es möglich, alles zur Verlegung Erforderliche nach dem Installationsplan an den Wänden und Decken ausführlich anzudeuten. Man hat dann nicht mehr nötig, den letzteren während der Arbeit jeden Augenblick zur Hand zu nehmen, wodurch die Ausführung nicht unerheblich beschleunigt und vereinfacht wird.

Mit der Leitung der Ausführung wird bei kleineren und einfachen Anlagen ein Monteur betraut. Diesem werden nach Erfordernis Hilfsarbeiter beigegeben. Solche können bei Anlagen, welche vom Orte der Installationsfirma entfernt sind, nicht gut von der letzteren mitgeschickt werden, sondern werden an Ort und Stelle durch den Monteur angenommen. Einer der Hilfsarbeiter soll, wenn irgend möglich, derjenige Mann sein, welcher später mit der Wartung des Betriebes betraut wird. Dieser lernt auf solche Art die Lage und die Verbindungen der Leitungen genau kennen; er lernt Abzweigungen anbringen, verlöten und isolieren, ferner die Art der Anbringung und Einschaltung der Lampen, Sicherungen, Ausschalter, sowie das Verlegen der Leitungen überhaupt. Er erwirbt sich so die nötige Sachkenntnis und Übung, um später mancherlei Reparaturen, auch einfachere Erweiterungen der Anlage selbständig ausführen zu können. Bei grossen Beleuchtungsanlagen mit verwickelterem Leitungsnetz, mehreren Maschinen usw. wird zur Überwachung der Ausführung am besten ein Obermonteur oder ein Ingenieur entsandt, welchem mehrere Monteure nebst den nötigen Hilfskräften unterstellt sind. Auch bei kleineren auswärtigen Anlagen ist eine Besichtigung des Beleuchtungsobjektes durch einen Ingenieur vor der Ausführung wünschenswert, sowie eine Revision vor der Abnahme. Wichtig ist ferner, dass die erforderlichen Leitungsmaterialien, sowie die Maschinen, Apparate, Lampen usw. alle frühzeitig genug zur Stelle geliefert werden, damit in der Ausführung der Installation keine Stockungen eintreten. Von Leitungsdrähten und Kabeln, Sicherungen, Ausschaltern, Lampenfassungen usw. ist stets mehr zu liefern, als im Projekte ver-

anschlagt ist, weil die erforderlichen Mengen, insbesondere an Leitungsmaterial, sich niemals ganz genau vorausberechnen lassen, auch bei den Arbeiten manches verdorben wird. Was übrig bleibt, wird zurückgenommen, wenn der Besteller nicht vorzieht, es zu übernehmen. Die Dynamomaschinen, Betriebsmaschine und eventuell auch Akkumulatoren nimmt man gerne von ein wenig grösserer Leistung, als für den Anfang des Betriebes erforderlich, da Erweiterungen der Anlage durch Zufügung einzelner Lampen, auch wenn solche vorher nicht in Aussicht genommen waren, selten ausbleiben.

Nachdem alle Teile der Anlage fertiggestellt sind und die Isolationsprüfung, sowohl diejenige der einzelnen Teile des Leitungsnetzes in der Reihenfolge, wie sie vollendet wurden, als auch die des gesamten Netzes und der übrigen Teile der Anlage, keine Fehler ergeben hat, folgt ein Probebetrieb mit voller Belastung der Maschinen. Dieser soll, wie schon früher erwähnt, mindestens so lange dauern als die längste, an den kürzesten Tagen des Jahres vorkommende Betriebszeit, wenn möglich aber noch länger, um besonders die Maschinen auf ihre Leistungsfähigkeit und ihr Verhalten bei längerem Betriebe zu prüfen. Ist eine Akkumulatorenbatterie vorhanden, so wird diese mit Säure erst gefüllt, nachdem der maschinelle Teil der Anlage sich als tadellos erwiesen hat. Denn die erste Ladung nimmt eine erheblich längere Zeit in Anspruch als die späteren, und ein längeres Stehen der einmal gefüllten Elemente in nur teilweise geladenem Zustande ist unzulässig. Nachdem bei der ersten Entladung die Kapazität der Batterie sich als normal, oder vielmehr, da die erste Ladung ja eine Überladung ist, als etwas grösser als der garantierte Betrag erwiesen hat und weiter auch konstatiert ist, dass sämtliche Apparate, sowie die etwa vorhandenen Bogenlampen gut funktionieren, kann die Anlage in regelmässigen Betrieb genommen werden.

B. Kosten der elektrischen Beleuchtung.

227. Allgemeines. Es muss zunächst vorausgeschickt werden, dass es nicht möglich ist, genaue Angaben von allgemeiner Giltigkeit über die Kosten elektrischer Beleuchtungseinrichtungen und die Gestehungskosten des Lichtes zu machen. Denn es haben die besonderen, von Fall zu Fall verschiedenen örtlichen Verhältnisse (bezüglich der Preise des Grund und Bodens, der Gebäude, der Kohle, des Gases und Wassers, sowie bezüglich der erforderlichen Leitungslängen) dabei zu grossen Einfluss; auch sind die Preise der Maschinen, Apparate, Lampen und Leitungsmaterialien vielfach verschieden hoch. Endlich können die Beleuchtungskörper und einzelne Apparate eine einfache oder reichere Ausstattung erhalten, auch das Leitungsmaterial mit einer mehr oder weniger teuren Isolierung versehen und verschieden-

artig verlegt sein. Es sind deswegen die unten folgenden Preisangaben, insbesondere aber die Kostenberechnungen für ganze Anlagen, nur als Annäherungen anzusehen.

Die bei einer Einrichtung für elektrische Beleuchtung erwachsenden Kosten sind zu trennen in Kosten der ersten Anlage und Kosten des Betriebes.

Die Anlagekosten umfassen: Kaufpreis aller zu der Anlage gehörigen Teile, sowie Kosten der Montage, Bauleitung und event. Abnahme. Zur besseren Beurteilung der mehr oder weniger teuren Ausführung der Einrichtung kann man die im ganzen ausgerechneten Anlagekosten oder auch die einzelnen Hauptposten, aus welchen sie sich zusammensetzen, auf die installierte Glühlampe von 16 Kerzen oder auch, bei reinen Bogenlichtanlagen, auf 1 Bogenlampe ausschlagen. Man spricht dann von den Anlagekosten pro installierte Lampe und kann, falls man diese für die häufiger vorkommenden Fälle annähernd kennt, leicht eine überschlägliche Berechnung der Kosten einer Anlage vornehmen, deren Lampenzahl feststeht.

Die Betriebskosten lassen sich am wenigsten genau angeben. Sie müssen jedenfalls auf 1 Brennstunde der 16 kerzigen Glühlampe oder auf die erzeugte Kilowatt- oder Hektowatt-Stunde ausgerechnet werden. In hohem Grade hängen sie davon ab, wieviel Stunden jede Lampe im Durchschnitt jährlich brennt. Sie setzen sich zusammen aus:

1. Verzinsung und Abschreibung des Anlagekapitals. Kosten für Unterhaltung und Reparatur aller Teile. Gehalt des Betriebspersonales. Kosten der Feuerversicherung u. dergl.
2. Verbrauch an Kohlen bei Dampfmaschinen, an Gas bei Gasmotoren, Verbrauch von Wasser zum Speisen, Kühlen oder Kondensieren, an Schmieröl und Putzmaterial. Ferner Verbrauch an Glühlampen und an Bogenlichtkohlen.

Von den einzelnen hier aufgezählten Posten stehen die der ersten Gruppe im allgemeinen fest. Ihr jährlicher Betrag bleibt wesentlich derselbe, gleichviel ob die Anlage im Durchschnitt täglich z. B. 3 oder 6 Stunden im Betriebe ist. Der Anteil davon, welcher auf 1 Lampenbrennstunde entfällt, wird also um so kleiner, je grösser die Zahl der jährlichen Brennstunden ist. Dagegen steigt und fällt der Gesamtbetrag der in der zweiten Gruppe vereinigten Posten ungefähr mit der Zahl der Betriebsstunden. Doch wird auch in dieser Beziehung die einzelne Lampenstunde etwas billiger, wenn während des Betriebes stets möglichst viele Lampen brennen, sodass die Maschinen voll belastet sind. Es wird dann, wie bereits mehrfach hervorgehoben, eine günstigere Ausnutzung der Kohle bezw. des Gases erreicht als bei geringer Beanspruchung.

Es sollen nun für die wesentlichen Teile elektrischer Beleuchtungsanlagen ungefähre Durchschnittspreise angegeben werden. Die mitgeteilten Zahlen stellen die Preise für Einzelabnehmer dar, nicht Vorzugspreise, wie sie den auswärtigen Vertretern der Fabriken und auch Installateuren gewährt werden. Doch sind es vielfach auch nicht die sogenannten Listenpreise. Bei dem z. Z. leider nur allzu sehr verbreiteten System der gegenseitigen Unterbietung beim Einreichen von Kostenanschlägen haben die in den gedruckten Preislisten figurierenden Beträge häufig nur dekorativen Wert. Der Verfasser war deswegen bestrebt, unter Benutzung zahlreicher Kostenanschläge von wirklich ausgeführten Anlagen Zahlen zu gewinnen, welche die zur Zeit zu zahlenden Preise möglichst der Wirklichkeit entsprechend darstellen, mit tunlichster Fernhaltung sowohl von übertrieben hohen, als besonders auch von offenbar zu niedrigen Ansätzen.

Zum Schlusse folgen dann eine Anzahl Beispiele von Kostenberechnungen ganzer Anlagen, jedoch nur für bestimmte einfachere Fälle, wie sie häufiger vorkommen.

Durchschnittspreise der einzelnen Teile elekrtischer Beleuchtungsanlagen.

228. Preise von Dynamomaschinen. Der Preis der Dynamomaschinen steigt, wie es ja auch bei anderen Maschinen (z. B. Dampfmaschinen, Gasmotoren) der Fall ist, nicht im selben Verhältnis wie die Leistung, sondern beträchtlich langsamer. Denn der Materialwert macht nur einen Bruchteil der Herstellungskosten aus, während die beim Bau der Maschine aufzuwendende Arbeit bei nicht allzu sehr verschiedenen Grössen des gleichen Modelles nicht sehr erheblich grösser bezw. kleiner ist. Einen wesentlichen Einfluss auf den Preis kann jedoch die Tourenzahl haben, für welche eine Dynamomaschine gebaut ist. Es lässt sich ja eine Maschine, welche eine bestimmte elektrische Leistung geben soll, für höhere und für geringere Umdrehungszahl ausführen. Im letzteren Falle muss, damit die gleiche Geschwindigkeit der Ankerdrähte erreicht wird wie im ersteren, das Maschinenmodell entsprechend grösser sein; die Zahl der Magnetpole und der Spulen des Ankers sowie die äusseren Abmessungen nehmen zu, die Maschine wird also teurer. Derartige langsam laufende Dynamomaschinen sind häufig für direkte Kupplung mit der Betriebsmaschine bestimmt. In kleineren Anlagen finden jedoch, wie schon früher erwähnt, gewöhnlich die billigeren, schnellgehenden, für Riemenbetrieb eingerichteten Maschinen Verwendung. Für diese gelten die Zahlen der folgenden Tabelle. Langsamer laufende Maschinen für Riemenbetrieb sind in Tabelle 54, solche für direkte Kupplung in Tabelle 57

zusammen mit den zugehörigen Dampfmaschinen, als Dampfdynamos aufgeführt. Es sind im folgenden absichtlich nicht die Preise von ganzen Maschinen der verschiedenen Grössen angegeben, sondern der auf je 1 Kilowatt der maximalen elektrischen Leistung entfallende Teil des Gesamtpreises. Der letztere wurde also durch die Anzahl Watt, welche die Maschine im Maximum geben soll, dividiert und mit 1000 vervielfacht. Ist der Preis pro Kilowatt für eine Anzahl Maschinengrössen bekannt, so lassen sich damit auch die Preise von beliebigen dazwischenliegenden Typen berechnen.

Tabelle 53.

Preise von schnelllaufenden Dynamomaschinen für Riemenbetrieb bezogen auf je 1 Kilowatt der maximalen Nutzleistung.

Maximalleistung in Kilowatt	1,3—1,5	2—3	3—4	4—6	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Tourenzahl in 1 Minute	3000 bis 2550	3000 bis 2450	2450 bis 2250	2700 bis 2250	2500 bis 2200	[illegible] bis [illegible]	[illegible] bis [illegible]	[illegible] bis [illegible]
Preis für je 1 Kilowatt in Mark	250 bis 300	230 bis 250	250 bis 180	225 bis 140	[illegible] bis 125	[illegible] bis [illegible]	[illegible] bis [illegible]	[illegible] bis [illegible]
Maximalleistung in Kilowatt	19—22	23—27	28—35	35—50	50—70	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Tourenzahl in 1 Minute	1200 bis 900	1000 bis 825	925 bis 775	825 bis 700	750 bis 625	[illegible] bis [illegible]	[illegible] bis [illegible]	[illegible] bis [illegible]
Preis für je 1 Kilowatt in Mark	75 bis 100	72 bis 85	70 bis 80	60 bis 75	55 bis 70	[illegible] bis 70	[illegible] bis [illegible]	[illegible] bis [illegible]

Die Angaben der vorstehenden Tabelle gelten wesentlich für **Nebenschlussmaschinen** und für eine Spannung von ca. 110 oder ca. 220 Volt. Bei den meisten Fabriken sind Tourenzahl und Preis für diese beiden Spannungen völlig oder nahezu gleich. Bei den kleinsten Typen (unter 5 Kilowatt) ist hie und da bei 220 Volt die Leistung etwas geringer oder die Tourenzahl etwas höher als bei 110 Volt. Oberhalb 60 Kilowatt ist dieses Verhältnis oft umgekehrt. Maschinen für 440 oder 550 Volt besitzen bei Maschinen unter 10 Kilowatt entweder eine um 10 bis 7% kleinere Leistung, oder der Preis ist um ca. 20% höher; zwischen 10 und 50 Kilowatt ist meist die Tourenzahl um 15 bis 10%, der Preis um 7 bis 3% höher als bei 110 bis 220 Volt. Oberhalb 50 Kilowatt sind Touren und Preise für 550 bis 220 Volt gewöhnlich gleich, für 110 Volt manchmal etwas höher. **Compoundmaschinen** pflegen um 5 bis 6% teuerer zu sein als solche mit Nebenschlusswickelung. **Serienmaschinen** werden heutzutage nur auf besondere Bestellung gebaut und sind dadurch ebenfalls höher im Preise, besonders bei Spannungen von mehr als 600 Volt.

Die Tabellen 53 und 54 umfassen die sogenannten **normalen**, d. h. am häufigsten verwendeten Modelle. Sie enthalten soviel Spielraum in Betreff der Tourenzahl und des Preises, dass sie für die Fabrikate aller guten deutschen Fabriken passen. Bei gleicher Leistung entspricht der höheren Tourenzahl der geringere Preis, wie schon im I. Abschnitte erläutert wurde. Wegen der von

den einzelnen Firmen tatsächlich fabrizierten Modellgrössen wird auf **Abschnitt** I, Tabelle 1 bis 19 verwiesen.

Endlich sei bemerkt, dass die Preise von Gleitschienen, Fundamentankern und Riemen-Spannvorrichtungen in obigen Angaben nicht inbegriffen sind.

Tabelle 54.

Preise von **langsamlaufenden Dynamomaschinen für Riemenbetrieb,** bezogen auf je 1 Kilowatt der maximalen Nutzleistung.

Maximalleistung in Kilowatt	1,0—1,5	1,5—2,5	3—4	4—6	7—9	9—11	12—14	14—17
Tourenzahl in 1 Minute	750 bis 600	725 bis 570	650 bis 515	620 bis 475	520 bis 450	485 bis 420	440 bis 390	415 bis 375
Preis für je 1 Kilowatt in Mark	350 bis 550	280 bis 375	240 bis 260	210 bis 230	200 bis 220	160 bis 200	140 bis 185	130 bis 170
Maximalleistung in Kilowatt	18—22	23—27	28—35	35—50	50—70	70—90	90—110	
Tourenzahl in 1 Minute	405 bis 350	385 bis 330	360 bis 310	330 bis 275	275 bis 230	230 bis 205	220 bis 190	
Preis für je 1 Kilowatt in Mark	120 bis 160	110 bis 155	95 bis 145	82 bis 140	72 bis 120	72 bis 130	70 bis 120	

Die Tabellen 53 und 54 gestatten, den ungefähren Preis einer Dynamomaschine der genannten Arten für irgend eine elektrische Leistung rasch zu ermitteln. Es kostet z. B. eine schnelllaufende Maschine für 110 Volt und 22 Ampère, also 2,42 Kilowatt, bei 1600 Touren p. Minute etwa 2,42 × 220 = rund 530 Mark. Eine schnellgehende Maschine von 220 Volt und 40 Ampère, *also* 8,8 Kilowatt für 1200 Touren kostet 8,8 × 110 = 968, rund 970 Mark, eine ebensolche für 115 Ampère, also 25,3 Kilowatt, bei 900 Touren 25,3 × 85 = 2150 Mark. Für eine langsam laufende Dynamomaschine von 115 Volt und 140 Ampère, also rund 16 Kilowatt, bei 400 Touren, ist der Preis 16 × 150 = 2400 Mark, für eine ebensolche von 230 Volt und 300 Ampère (rund 70 Kilowatt) bei 250 Touren etwa 70 × 90 = 6300 Mark.

Tabelle 55.

Preise der **Zubehörteile und der Verpackung von schnelllaufenden Dynamomaschinen, in Prozenten des Maschinenpreises.**

Maximalleistung der Dynamomaschine, Kilowatt	Preis der Gleitschienen mit Fundamentschrauben und Spannvorrichtung, Prozent	Preis des Nebenschluß-regulators, Prozent	Preis der Verpackung, Prozent
1— 3	4 —10	10 —15	2
3— 8	3,5— 9	7 —12	1,8
10— 15	2,5— 7	5 — 8	1,7
15— 25	2,5— 6	3,5— 5	1,6
25— 50	2,5— 5,5	2,5— 3,5	1,5
50—100	2,0— 4,0	1,7— 3,0	1,3

Nebenschlussregulatoren für Dynamomaschinen, bei welchen die Spannung zum Zwecke der Ladung von Akkumulatoren in weiten Grenzen verändert werden soll, sind häufig teurer als oben angegeben. Sie kosten das $1^1/_2$ bis 2fache.

Für langsamlaufende Maschinen von den in Tabelle 54 aufgeführten Tourenzahlen und Leistungen sind die Preise der Zubehörteile und der Verpackung bei den kleineren Modellen um etwa 30%, bei den grösseren um etwa 15% höher als vorstehend angegeben.

229. Preise von Dampfmaschinen und Dampfdynamos. Auch der Preis der Dampfmaschinen, berechnet auf 1 Pferdestärke der Maximalleistung, nimmt bei Vergrösserung des Maschinenmodelles ab, doch nicht in dem Masse wie bei Dynamomaschinen. Er schwankt ferner erheblich je nach der Konstruktion und Tourenzahl der Maschine. Bei gleicher Leistung sind schnelllaufende Maschinen billiger als langsamgehende, liegende Maschinen billiger als stehende, einzylindrige billiger als Zwillings- oder als Compoundmaschinen. In den folgenden Tabellen ist für Dampfmaschinen verschiedener Konstruktion und Tourenzahl der auf 1 PS der effektiven Leistung entfallende ungefähre Anschaffungspreis angegeben. Der Preis des Fundamentes ist **nicht** mit inbegriffen.

Tabelle 56.

a) Liegende, einzylindrige Hochdruck-Maschinen.

Effektive Leistung, PS	12	15	20	25	30	50	70	100
Tourenzahl	120 bis 250	120 bis 220	100 bis 200	100 bis 200	90 bis 150	75 bis 120	70 bis 90	60 bis 90
Preis pro 1 PS, ℳ ohne Kondensation	185	155	148	137	133	120	112	108
Preis pro 1 PS, ℳ mit Kondensation	250	200	185	175	172	155	145	125
Tourenzahl	320	280	260	235	220	190	170	
Preis pro 1 PS (ohne Kondensation) ℳ	125	115	112	110	108	100	90	

b) Liegende Compound-Maschinen für etwa 8 Atmosphären.

Effektive Leistung, PS	25	50	70	100	120	150	180
Tourenzahl	—	—	—	175	175	175	175
Preis pro 1 PS (ohne Kondensation) ℳ	—	—	—	145	125	112	103
Tourenzahl	125	100	90	80	80	75	70
Preis pro 1 PS (mit Kondensation) ℳ	180	155	150	140	130	127	125

c) Stehende, einzylindrige Maschinen.

Effektive Leistung, PS	4	6	8	12	20	25	40	60
Tourenzahl	350 bis 420	300 bis 380	275 bis 360	240 bis 340	200 bis 300	200 bis 300	170 bis 270	200
Preis pro 1 PS, ℳ	350	300	270	225	170	155	135	120
Preis mit Kondensation	—	—	—	—	—	200	165	142

d) Stehende, zweizylindrige, schnelllaufende Hochdruck-Maschinen für etwa 6 Atmosphären Überdruck.

Effektive Leistung, PS . . .	10	15	25	35	50
Tourenzahl	400 bis 600	400 bis 600	400 bis 500	375 bis 425	350
Preis pro 1 PS, ℳ . . .	150 bis 250	110 bis 200	100 bis 180	80 bis 150	70 bis 120

e) Stehende Compound-Maschinen für 8—10 Atmosphären ohne Kondensation.

Effektive Leistung, PS . . .	20	30	50	80	120
Tourenzahl	300	270	250	220	200
Preis pro 1 PS, ℳ	200	175	155	125	105

Preise von Dampfdynamos. Die beiden folgenden Tabellen enthalten ungefähre Preisangaben über direkt gekuppelte Dynamo- und Dampfmaschinen. Der Preis ist bezogen auf je 100 Watt der normalen Leistung der Dynamomaschine. Die Angaben beziehen sich auf stehende Dampfmaschinen, einerseits einzylindrige, andererseits Compound-Maschinen, beide ohne Kondensation.

Tabelle 57.

a) Dampf-Dynamomaschinen mit stehender, einzylindriger Dampfmaschine.

Normale Leistung der Dynamomaschine, Kilowatt	2	3	6,5	10	15	25
Tourenzahl in 1 Minute . . .	700 bis 350	600 bis 350	550 bis 300	450 bis 400	400 bis 350	350 bis 300
Preis für je 1 Kilowatt der elektrischen Leistung in ℳ	1200 bis 1350	800 bis 950	600 bis 650	500 bis 550	450 bis 500	330 bis 350

b) Dampf-Dynamomaschinen mit stehender Compound-Dampfmaschine.

Normale Leistung der Dynamomaschine, Kilowatt	6,5	10	20	40	80
Tourenzahl in 1 Minute . . .	500 bis 300	450 bis 300	400 bis 275	400 bis 250	300 bis 200
Preis für je 1 Kilowatt der elektrischen Leistung in ℳ	700 bis 900	600 bis 800	450 bis 600	300 bis 400	250 bis 300

Es kostet hiernach z. B. eine Dynamomaschine von 110 Volt und 120 Ampère, also 13,2 Kilowatt, nebst einzylindriger Dampfmaschine mit direkter Kuppelung etwa $13,2 \times 500 = 6600$ Mk. Eine Dampfdynamo für 220 Volt und 275 Ampère, also 38,5 Kilowatt, mit Compound-Dampfmaschine kostet etwa $38,5 \times 400 = 15\,400$ Mk.

Im [illegible]
die [illegible]
größeren [illegible]

230. [illegible] in [illegible] einer [illegible] jedoch [illegible] Grün[illegible] stationär[illegible] Tabelle [illegible] sie [illegible] sichtigen [illegible] schieden[illegible] aus den [illegible]

Tabelle [illegible]

[illegible] Lokomobilen [illegible]

a) [illegible]

Leistung, PS	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Tourenzahl in 1 Min.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Preis, ℳ	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Preis pro 1 PS	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

b) Compound-Lokomobilen.

Leistung, PS	15	[illegible]	25	[illegible]	40	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Tourenzahl in 1 Min.	[illegible] bis 140	[illegible] bis 140	110 bis 140	[illegible] bis 140	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Preis, ℳ	7500 bis 8500	7800 bis 9600	9500 bis 11100	10600 bis 12600	14500	16[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Preis pro 1 PS	468 bis 531	390 bis 480	380 bis 443	[illegible] bis 420	358	324	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Compound-Lokomobilen mit Kondensation sind, je nach [illegible], um 18 bis 10% teurer.

Ein eiserner Schornstein kostet pro Meter etwa [illegible] pro Mille vom Preise der Lokomobile.

Die in obigen Tabellen enthaltenen Preisschwankungen für eine und dieselbe Maschinengrösse erklären sich teils durch die verschiedene Herkunft, teils durch Unterschiede in der Art der Steuerung usw.

231. Preise von Gasmotoren. Zum Antriebe von Dynamomaschinen für elektrische Beleuchtung sind heutzutage die liegenden, einzylindrigen sogen. Präzisionsmotoren (Regulierung durch Veränderung der Füllung) mit schweren Schwungrädern am meisten benutzt. Wo jedoch nicht allzu hohe Anforderungen an die Gleichmässigkeit des Lichtes gestellt werden, können allenfalls auch die billigeren, gewöhnlichen einzylindrigen Gasmotoren Verwendung finden. Tabelle 59 enthält für Präzisionsmotoren die gegenwärtigen Durchschnittspreise. Von den gängigen Modellgrössen sind die Preise sowie die ungefähre Tourenzahl angegeben. Der Preis des Fundamentes, der Verpackung, sowie des Rohranschlusses an die Gasleitung sind nicht mit inbegriffen.

Tabelle 59.

Preise von Gasmotoren für elektrischen Lichtbetrieb, liegend, mit Präzisionssteuerung und schweren Schwungrädern.

Leistung, PS	2	3	4	6	8	10	12	14
Ungef. Tourenzahl	250	250	240	240	220	210	200	200
Preis, ℳ	1500 bis 1700	1800 bis 2050	2200 bis 2400	2600 bis 2800	3200 bis 3500	3700 bis 4000	4200 bis 4600	4800 bis 5100

Leistung, PS	16	20	25	30	40	50	80	100	150
Ungef. Tourenzahl	200	195	195	190	175	175	160	150	135
Preis, ℳ	5000 bis 5500	5900 bis 6500	6900 bis 7100	7500 bis 8300	9000 bis 11000	11000 bis 12000	15500 bis 17000	18000 bis 22000	25000 bis 28000

232. Preise von Akkumulatoren. Der Preis der Akkumulatoren für stationäre Anlagen ist, gleiche Kapazität vorausgesetzt, verschieden hoch, je nachdem die Entladung in kürzerer oder längerer Zeit (3, 5, 7, 10 Stunden) vollendet sein soll. Er ist um so höher, je rascher die Entladung vor sich gehen soll, da wegen der in diesem Falle höheren Stromdichte für die gleiche Anzahl Ampère-Stunden eine grössere Plattenoberfläche erforderlich ist, als bei langsamerer Entladung bezw. geringerer Stromdichte (vergl. hierüber **53** und **56**). Da nun zu der rationellsten Art des Akkumulatorenbetriebes in Beleuchtungsanlagen, dem sogen. reinen Parallelbetriebe, bei welchem die Batterie einen sehr erheblichen Teil des gesamten Stromkonsums ($^1/_3$ bis $^1/_2$) liefert, am häufigsten Akkumulatoren für Entladung in etwa 3 Stunden gewählt werden, so enthält die folgende Tabelle Preisangaben für Elemente von dieser Entladezeit. Die Preise von Elementen für längere Entladungsdauer lassen sich daraus leicht be-

rechnen gemäss den folgenden Beziehungen, bei welchen Elemente für 3stündige Entladung zu Grunde gelegt sind.

Setzt man die Stromstärke, bei welcher die normale Entladung eines Akkumulators in 3 Stunden beendigt ist = 1, und setzt die Anzahl Ampère-Stunden, welche man in diesem Falle erhält, ebenfalls = 1, so ergeben sich die bezüglichen Zahlen für 5-, 7- und 10stündige Dauer der Entladung aus folgender Zusammenstellung:

Dauer der Entladung	3	5	7	10 Stdn.
Entladestromstärke .	1,00	0,67—0,73	0,50—0,55	0,40—0,45
Kapazität	1,00	1,10—1,24	1,22—1,35	1,35—1,50

Der Spielraum in den Werten der Kapazität hat nur zum Teile seine Ursache in der Verschiedenheit der angewendeten Stromdichte. Er rührt zum grösseren Teile daher, dass obige Zahlen für die verschiedenen vorkommenden Plattenkonstruktionen (mit Ausnahme der sogen. Masseplatten) gelten sollen. Wie aber schon früher erwähnt, steigt bei gleicher Verminderung der Stromdichte die Kapazität um so rascher, je grössere Mengen aktiver Masse auf gleich grosse wirksame Oberfläche der Platten kommen.

Nach dem Vorstehenden sind, wenn, wie es gewöhnlich geschieht, eine und dieselbe Plattenkonstruktion für Elemente von 3 bis 10stündiger Entladezeit verwendet wird, bei gleicher Kapazität

Elemente für 5stündige Entladung billiger um 10—20%
» » 7 » » » » 18—26 »
» » 10 » » » » 25—33 »

also solche für Entladung in 3 Stunden.

Die folgende Tabelle enthält Durchschnittspreise für das einzelne Element bei verschieden grosser Kapazität, bezogen auf 1 Ampère-Stunde der Kapazität, welche die Zelle bei normaler Entladung in 3 Stunden ergibt. Die Kosten der Verpackung, sowie die der Gestelle sind nicht mit inbegriffen. Die Preise entsprechen dem Stande zu Anfang des Jahres 1903.

Tabelle 60.

Preise von Akkumulatoren für stationäre Anlagen,
bezogen auf 1 Ampère-Stunde Kapazität bei 3stündiger Entladungsdauer.

Kapazität, Amp.-Stunden . . .	20	35	55	70	90	120	150	200 bis 300
Preis von 1 Zelle, bezogen auf 1 Amp.-Stunde, Pfennig . .	36	30	23	21	20	19	18	16,5
Kapazität, Amp.-Stunden . .	300 bis 400	400 bis 500	500 bis 600	600 bis 800	800 bis 1000	1000 bis 1500	1500 bis 2000	5000
Preis von 1 Zelle, bezogen auf 1 Amp.-Stunde, Pfennig . .	15,8	15,5	15,4	15,3	15,1	14,8	14,4	13,9

Der Preis von Akkumulatoren für sogen. starke Entladung kann ebenfalls aus vorstehender Tabelle entnommen werden. Die Fabriken, welche für diesen Zweck besondere Typen fabrizieren, pflegen dabei bestimmte Kapazitätsbeträge zu garantieren für Entladung in 1, 2, meistens auch in 3 Stunden. Bei 3stündiger Entladung pflegt aber der Preis von Elementen »für starke Entladung« bei gleicher Kapazität der gleiche zu sein, wie bei gewöhnlichen Zellen für 3stündige Entladung. Setzt man bei einem Akkumulator die Entladestromstärke bei Entladung in 3 Stunden = 1 und die dabei erzielte Kapazität in Ampère-Stunden ebenfalls = 1, so ergeben sich die Verhältniszahlen für Entladung in 1 Stunde aus folgender Beziehung, die auf die z. Z. gebauten Akkumulatoren für starke Entladung durchschnittlich zutrifft:

Dauer der Entladung .	3	2	1 Stunde
Entladestromstärke . .	1,0	1,3	2,1
Kapazität	1,0	0,83	0,7

Dies gilt auch für solche Elemente, bei denen eine und dieselbe Plattenkonstruktion von 10stündiger bis herab zu 1stündiger Entladung verwendet wird. Danach sind bei gleicher Kapazität Akkumulatoren für Entladung in 2 Stunden um etwa 20%, für Entladung in 1 Stunde um etwa 40% teurer als solche für 3stündige Entladung.

Beispiele zur Preisberechnung von Batterien.

1. Batterie für Entladung in 3 Stunden, bei 65 Volt Normalspannung und 60 Ampère-Stunden Kapazität. 1 Element kostet etwa 0,22 × 60 = 13,20 Mk. Für 65 Volt Betriebsspannung sind 36 Elemente erforderlich; also kostet die Batterie 36 × 13,20 = 475 Mark.
2. Batterie für 3stündige Entladung, für 110 Volt Betriebsspannung, Kapazität 350 Ampère-Stunden. 1 Zelle kostet 0,158 × 350 = 55,30 Mark. Für 110 Volt Betriebsspannung sind 62 Zellen erforderlich; also kostet die Batterie 62 × 55,30 = 3429 Mark.
3. Batterie für 7stündige Dauer der normalen Entladung bei 120 Ampère-Stunden Kapazität. Betriebsspannung 220 Volt. Für 3stündige Entladung würden die erforderlichen 125 Elemente kosten 125 × 120 × 0,19 = 2850 Mk. Wie oben erwähnt, sind aber Zellen für 7 stündige Entladungsdauer bei gleicher Kapazität um etwa 22% billiger als solche für 3stündige Entladung, wodurch sich der Preis der vorliegenden Batterie auf 2220 Mark ermässigt.
4. Batterie »für starke Entladung« in 1 Stunde. Kapazität 550 Ampère-Stunden. Anzahl der Zellen 64. Für 3stündige Entladung würde 1 Zelle etwa 550 × 0,154 = 84,70 Mark kosten, die ganze Batterie somit 64 × 84,7 = 5420 Mark. Da jedoch Elemente für 1stündige Entladung etwa 40% teurer sind als solche für Entladung in 3 Stunden, so erhöht sich der Preis obiger Batterie auf etwa 7600 Mark.

Die vorstehenden Kostenberechnungen beziehen sich lediglich auf den Kaufpreis der Elemente. Hierzu kommen nun noch erhebliche Nebenkosten: der Preis der Verpackung für die Batterie, die Kosten des Holzgestelles, sowie verschiedener Zubehörteile und der Preis der Schwefelsäure.

Die folgende Tabelle enthält den ungefähren Betrag dieser Nebenkosten für verschieden grosse Batterien von je etwa 60 Zellen in Prozenten des Kaufpreises der (unmontierten und ungefüllten) Elemente. Als Kaufpreise sind die Beträge angenommen, welche sich nach Tabelle 60 ergeben.

Tabelle 61.

Nebenkosten bei Aufstellung einer Akkumulatorenbatterie, ausgedrückt in Prozenten des Kaufpreises der Zellen.

Kapazität der Batterie bei Entladung in 3 Stunden, Amp.-Stunden . .	50	150	300	500	700	1500
	%	%	%	%	%	%
Verpackung der Batterie	13	10	9	$8^1/_2$	$6^1/_2$	5
Holzgestell	9	7	5	$3^1/_2$	2,7	2
Nebenteile (Porzellanfüsse, Kupferbügel, Säurebottich, sowie Verpackung der Hilfsapparate . . .	8	4	$2^1/_2$	2	$1^1/_2$	$1^1/_4$
Schwefelsäure	3	3	3	$2^1/_2$	$3^1/_2$	3
Zusammen ca.	33	24	20	17	14	11

Bei Anlagen, die sich nicht allzuweit von der Akkumulatorenfabrik befinden, fallen die Kosten für Verpackung wesentlich niedriger als angegeben aus (event. um mehr als die Hälfte), wenn das Packmaterial zurückgesandt wird.

Dazu kommen dann noch die Kosten der Montierung der Batterie, sowie die der ersten, langdauernden Ladung durch welche die Batterie erst betriebsfähig wird. Hierfür sind für die 6 in vorstehender Tabelle bezeichneten Batteriegrössen bezw. 19, 11, 8, 6, $4^1/_2$ und $3^1/_2$% des Kaufpreises der Zellen ungefähr anzusetzen.

233. Preise von Bogenlampen. Der Preis der Bogenlampen ist zunächst durch die Art der Regulierung bezw. Schaltung, für welche die Lampe bestimmt ist, bedingt. Differentiallampen für Hintereinanderschaltung sind teurer als Nebenschlusslampen. Auch je nach der Grösse, d. h. der Licht- oder Stromstärke, schwankt der Preis; doch steigt er in einem weit langsameren Verhältnis als der normale Lampenstrom. Ebenso kostet eine Bogenlampe für grosse Brenndauer (12 bis 20 Stunden) nur unerheblich (10 bis 15%) mehr als eine im übrigen gleiche für geringere Brenndauer (8 bis 10 Stunden). Der Preis der fertig montierten und ausgestatteten Lampe ist noch wesentlich beeinflusst durch die Art und Zahl der angebrachten Zubehörteile (Glasglocke oder Laterne, Regendach, Reflektorschirm usw.), sowie durch die mehr oder weniger reiche Ausstattung mit ornamentalen Zierraten. In der folgenden Tabelle ist eine möglichst einfache Ausstattung angenommen.

Tabelle 62.

Preise von **Bogenlampen** und deren Zubehörteilen.

a) Nebenschlusslampen.

Stromstärke, Ampère	4—10		12—15		15—25
Brenndauer, Stunden	8—10	12—15	8—10	12—15	18—25
Preis, ohne Glocke und sonstiges Zubehör, Mark	40—43	44—47	47—49	50—51	60—80

b) Differentiallampen.

1. Für Hintereinanderschaltung von nicht über 4 Stück, zur Verwendung in Glühlichtanlagen.

Stromstärke, Ampère	4—10		12—15		15—35
Brenndauer, Stunden	8—10	12—15	8—10	12—15	18—25
Preis, ohne Glocke und sonstiges Zubehör, Mark	50—60	55—65	62—64	63—65	70—100

2. Für Hintereinanderschaltung vieler Lampen, in reinen Serienanlagen für Bogenlicht.

Stromstärke, Ampère	4—10		12—20		25—35
Brenndauer, Stunden	12—15	18—25	13—15	18—25	20—25
Preis, ohne Glocke, ohne Ersatzwiderstand und sonstiges Zubehör, Mark	62—64	65—68	72—78	75—100	105—115

Wenn Differentiallampen für Serienschaltung einen Ersatzwiderstand enthalten, der sich nach Abbrand der Kohlen selbsttätig einschaltet, kosten sie um 15—20% mehr.

Eine Flammenbogenlampe mit Armatur zur Verwendung im Freien kostet bei einfacher Ausstattung 90 bis 100 Mark, bei eleganter 100 bis 115 Mark.

c) Dauerbrandlampen.

Stromstärke, Ampère	3—7
	Mark
Preis ohne Vorschaltwiderstand, ohne Armatur und äussere Glocke	65—70
Preis ohne Vorschaltwiderstand, mit beiden Glocken und Armatur für Innenräume	75—80
Desgleichen mit Armatur zur Verwendung im Freien	80—85
Preis mit Vorschaltwiderstand, beiden Glocken und Armatur	90—100
Desgleichen für Serienschaltung mit Ersatzwiderstand, der sich selbsttätig einschaltet	110—120

d) Zubehörteile, in einfacher Ausführung.

Armatur mit matter Glasglocke	für Innenräume Mark	für im Freien Mark
Stromstärke 4—8 Ampère, Brenndauer bis 10 Stunden	10—12	12—15
» 10—15 » » 15—20 »	15—25	15—30
Bekrönung für die Glasglocke		2—6
Reflektorschirm		5—15
Sechsseitige Laterne		30—45
Vorschaltwiderstand		10—25
Anlasswiderstand, regulierbar		15—40
Selbsttätiger Minimalausschalter		20—25
Aufzugwinde		6—12
Aufzugs-Drahtseil, per Meter je nach Stärke		0,15—0,40
Rolle in Gabel, mit Holzschraube oder Haken		2—4

Es kostet ferner: Ein ganz einfacher schmiedeeiserner Arm zum Aufhängen von Bogenlampen an Wänden oder Holzmasten 15 bis 30 Mark, ein ebensolcher aus Gusseisen (Fig. 543) 20 bis 35 Mark, bei reicher Ausführung (Fig. 541) 60 bis 80 Mark, grössere Wandarme aus Schmiedeeisen 25 bis 60 Mark. Gusseiserne Laternenständer (Fig. 537) kosten ohne die Lampe und Laterne, je nach Ausführung: für 4 bis 5 *m* Höhe des Lichtpunktes 60 bis 90 Mark, bei 6 *m* Höhe des Lichtpunktes 80 bis 120 Mark, bei 10 *m* Höhe des Lichtpunktes 110 bis 150 Mark, bei reicher Ausführung mehr. Ein Holzmast mit Ausleger und Aufzugwinde, je nach Höhe und Ausstattung, 30 bis 60 Mark. Ein Lichtmast aus schmiedeeisernem Rohr, vollständig ausgestattet mit Laterne zum Herablassen, Gegengewicht und Führung, Isolatoren und Ausschalter, je nach Ausführung:

Höhe des Lichtpunktes, Meter	6—8	10—12	14—16	20
Preis, Mark	180—250	220—350	320—450	450—550

Gittermasten kosten etwa 15% mehr als Rohrmasten.

Eine Aufzugvorrichtung, bei der die Bogenlampe an den Zuleitungsdrähten hängt (Fig. 547), kostet 40 bis 60 Mark, eine Sicherheitsvorrichtung (Fig. 546) etwa 10 Mark.

Es kostet, nach Tabelle 62, eine einfach ausgestattete Nebenschluss-Bogenlampe von 6 bis 8 Ampère, für 8 bis 10stündige Brenndauer, nebst Glasglocke und Armatur für Innenräume, 52 bis 55 Mark. Dieselbe Lampe, wenn sie im Freien an einem Wandarm aufgehängt werden und mit Regenschutz versehen sein soll, nebst einfachem Wandarm und Aufzugvorrichtung, 80 bis 100 Mark. Eine für Strassenbeleuchtung oder Bahnhofs-Aussenbeleuchtung bestimmte Differentiallampe von 12 Ampère, für lange Brenndauer, kostet mit Glasglocke, Wetterschutz und Reflektorschirm, ohne den sie tragenden Mast, 100 bis 120 Mark, die gleiche Lampe in einer mit Glasscheiben versehenen Laterne ungefähr dasselbe.

Der Preis der Kohlenstifte für Bogenlampen ist bei verschiedenen Firmen ziemlich verschieden. Auch besagen die in den Preislisten angegebenen sogen. Grundpreise nichts über den wirklichen Verkaufspreis, da auf die ersteren bald kleinerer, bald sehr weitgehender Rabatt gewährt wird.

Die folgenden Beträge gelten für Kohlen bester Qualität, bei Abnahme von mindestens 100 Paaren.

Stromstärke Ampère	Brenndauer Stunden	Preis von 1 Paar Pfennig
6	8—10	13,0
8	8—10	14,5
8	15	22,0
10	8—10	19
10	16	28
12	16	35

Der Preis der mit Salzzusatz versehenen Kohlen für Flammenbogenlampen beträgt ungefähr:

Stromstärke Ampère	Brenndauer Stunden	Preis von 1 Paar Pfennig
7	$5^1/_2$	22
	7	26
9	$6^1/_4$	25
	$7^3/_4$	30
12	7	31
	$8^1/_2$	37

234. Preise von Glühlampen und deren Zubehörteilen. Der Preis der weitaus am meisten verwendeten 16kerzigen Glühlampe für 60 bis 120 Volt ist z. Z. (Ende 1902) etwa 30 Pfg., bei Abnahme von mindestens 100 Stück. Lampen von anderer Lichtstärke, jedoch zwischen 5 und 32 Kerzenstärken, kosten dasselbe. Auch macht es keinen Unterschied, welche der gebräuchlicheren Fassungsarten (Edison, Siemens & Halske, Vitrit, Swan usw.) verlangt wird, ferner ob die Lampe mit etwa 65 oder 100 bis 120 Volt normal brennen und ob sie mit einfach gebogenem oder geschlungenem Kohlefaden versehen sein soll. Glühlampen von grösserer Lichtstärke sind teurer. Bei etwa 110 Volt kostet eine Lampe von 50 Kerzen 45 bis 50 Pfg.,

eine solche von 100 Kerzen etwa 1,50 Mark. Ferner sind die zur Hintereinanderschaltung bestimmten Lampen für niedere Spannung und grössere Stromstärke wesentlich höher im Preise als solche für hohe Spannung, welche die gleiche Lichtstärke liefern. Die sogen. Hochspannungslampen für 200 bis 220 Volt und 10 bis 32 Kerzen kosten 35 bis 40 Pfg. bei Abnahme von mindestens 100 Stück.

Mattierte Glühlampen kosten 10 Pfg., farbige 20 bis 30 Pfg. mehr als solche aus gewöhnlichem Glase. Lampen mit Ballon aus farbigem Glase kosten etwa das Doppelte der gewöhnlichen.

Der Preis der Fassungen für Glühlampen der gebräuchlichsten Grössen beträgt z. Z.: für eine Fassung ohne Hahn 45 bis 60 Pfg., Fassung mit Hahn 0,75 bis 1,00 Mark. Diese Zahlen gelten für Fassungen, welche mit Gasgewinde zum Anschrauben (Nippel) versehen sind. Eine Wandfassung kostet ohne Hahn 0,70 bis 1,00 Mark, mit Hahn 1,25 bis 1,50 Mark. Es ist eine einfache Ausführung in mattem (abgebranntem) Messingblech vorausgesetzt. Polierte Fassungen sind um 5 bis 10 Pfg., vernickelte oder verkupferte um 20 Pfg. teurer.

Schalenhalter (für Glasschalen) kosten 25 bis 35 Pfg., Fassungshalter (Nippel), zum Anklemmen der Glühlampenfassungen an Gasrohre, 50 bis 80 Pfg. das Stück. Der Preis einer Anschlussdose mit zweipoliger Sicherung ist 1,20 bis 2 Mark, der eines Steckkontaktes 0,60 bis 1,20 Mark, wenn die Stromstärke nicht über 5 Ampère beträgt.

Preise von Nernstlampen.

Kleine Form, Modell B.

	Mark
Komplette Lampe (Fig. 221) mit Glasglocke, für 0,25 Ampère bei 98 bis 155 oder 196 bis 255 Volt, oder für 0,50 Ampère bei 98 bis 155 Volt	3,00
Brenner (Fig. 223) mit Leucht- und Heizkörper, allein	1,00
Vorschaltwiderstand (Fig. 222) allein	0,40
Oberteil (Sockel, Fig. 224) allein	1,20
Glasglocke, Durchmesser 7 *cm*, allein	0,40

Grosse Form, Modell A.

Komplette Lampe (Fig. 218) mit Glasglocke, für 0,5 Ampère bei 196 bis 255 Volt, oder für 1,0 Ampère bei 98 bis 155 oder 196 bis 255 Volt	12,50
Brenner (Fig. 217) mit Leucht- und Heizkörper, allein	1,25—1,75
Vorschaltwiderstand (Fig. 220) allein	0,50
Glasglocke, Durchmesser 18 *cm*, matt	0,40—0,70
» » 18 » Opalglas	1,40

Auers Osmium-Lampe (vergl. Nachtrag, Seite 640).

Der Preis beträgt Ende 1902 für alle Grössen 5,50 Mark pro Stück. Da die Fabrik jedoch für durchgebrannte, nicht geöffnete Lampen 75 Pfg. pro Stück vergütet, so stellen sich die Anschaffungskosten auf die Dauer auf 4,75 pro Lampe.

235. Preise von Sicherungen, Ausschaltern, Umschaltern und Zellenschaltern. Schmelzsicherungen. Der Preis ist be-

dingt durch die normale Höchststromstärke, durch die maximale Spannung, durch die ein- oder mehrpolige Ausführung, durch das Material der Grundplatte, sowie durch die Art der Schmelzpatrone und die Ausführung der Verschlusskapsel. Ferner ist er davon abhängig, ob die Sicherung für Innenräume, für ein Schaltbrett oder zur Anbringung im Freien bestimmt ist. Die nachfolgend zusammengestellten Preise beziehen sich auf Sicherungen für Innenräume und (bei den grösseren Typen) für Schalttafeln, für Spannungen von höchstens 250 Volt.

Wenn eine zweipolige Sicherung zugleich als Abzweigung der zu sichernden Leitung von einer Hauptleitung dienen soll, so ist der Preis um 30 bis 50% höher als angegeben. Wird durch die Sicherung die Abzweigung zweier Seitenleitungen bewirkt (zweifache, doppelpolig gesicherte Abzweigschaltung), so erhöht sich der Preis gegen die Angaben der nachstehenden Tabelle um 80 bis 150%.

Tabelle 63.

Preise von Schmelzsicherungen,
einschliesslich Schmelzstücke und Schutzkapseln.

Normale Maximal-Stromstärke Ampère	Zweipolige Form, Mark	Einpolige Form, Mark	Preis von 1 Schmelzpatrone Mark
a) Gewöhnliche Dosen- oder Edisonsicherungen mit Lamellen- oder Stöpselpatronen.			
3	1,00—2,00	0,50—1,00	0,01—0,20
6	1,20—2,00	0,60—1,00	0,01—0,20
15	1,50—3,70	1,00—2,55	0,05—0,25
b) Unverwechselbare Patronensicherungen von Siemens & Halske.			
2—40 (in 8 Stufen)	4,10	2,30	0,31
c) Streifensicherungen mit Schmelzstücken aus Blei oder Silber.			
30	2,30— 6,50	2,10— 3,50	0,15—0,50
50—70	4,60— 8,75	2,80— 5,50	0,25—0,50
100	7,50— 9,50	4,20— 7,50	0,35—0,60
200	10,50—16,00	5,75—10,00	0,70—1,50
300	14,00—23,00	7,75—14,00	1,30—2,00
500	24,00—34,00	12,00—17,00	2,50—3,50

Verteilungstafeln zur Abzweigung von Stromkreisen für nicht über 6 Ampère Stromstärke von einer Hauptleitung kosten, einschliesslich einer zweipoligen Sicherung für jede abgezweigte Leitung, bei einfacher Ausführung in Porzellan, Schiefer oder Marmor:

Anzahl der abgezweigten Stromkreise	Preis, Mark
2	8—10
4	16—22
6	22—30
8	32—40

Eine Hausanschlussschaltung (vgl. **205**) mit Bleistreifen, auf feuersicherer Grundplatte und in ein gusseisernes Gehäuse wasserdicht eingeschlossen, kostet bei Zweileitersystem: für Ströme bis 50 Ampère 10 bis 25 Mark, bis

200 Ampère 25 bis 35 Mark, bei Dreileitersystem: für bis 50 Ampère 12 bis 30 Mark, bis 200 Ampère 30 bis 50 Mark. Eine sogen. Umschaltsicherung, zum Anschluss einer Zweileiteranlage an ein Dreileiternetz (Fig. 574 und 575), kostet für bis 50 Ampère 12 bis 25 Mark.

Ausschalter. Auch bei den Ausschaltern wird der Preis durch ähnliche Umstände beeinflusst, wie sie oben bei den Sicherungen angegeben wurden. Es würde zu weit führen, für alle die verschiedenen Formen, in welchen z. Z. Ausschalter ausgeführt werden, hier Preise anzugeben. Wir beschränken uns vielmehr auf die beiden verbreitetsten Formen: Dosenausschalter, welche in ein dosenförmiges Gehäuse eingeschlossen sind und durch Drehen eines Knopfes oder Handgriffes verstellt werden, und Hebelausschalter, bei welchen durch einen Hebel die Umstellung vorgenommen wird (beide Formen für Spannungen von höchstens 250 Volt). Die Preisangaben gelten für Apparate von einfacher Ausstattung.

Tabelle 64.
Preise von Ausschaltern.

Maximale Stromstärke, Ampère		Dosen-Ausschalter		Hebel-Ausschalter	
bei 110—120 Volt	bei 220—250 Volt	einpolig Mark	zweipolig Mark	einpolig Mark	zweipolig Mark
1	0,5	0,50—0,60	—	—	—
2—3	1,0—1,5	0,75—0,90	1,50—1,90	—	—
4—6	2—3	0,90—1,75	2,00—4,00	—	—
10	6	2,00—3,00	2,50—4,50	—	—
15—20	10—15	3—4	5—6	2,50—3,60	3,50—8,00
30—40	15—30	6—15	10—18	3,00—4,50	6—9
50—70		—	—	8—12	16—20
100		—	—	11—15	22—30
200		—	—	18—25	34—40
300		—	—	24—30	45—60
500		—	—	35—50	65—90

Dreipolige Hebelausschalter sind um etwa die Hälfte teurer als zweipolige für gleiche Stromstärken.

Selbsttätige Ausschalter, zum Schutze der Dynamomaschine bei Akkumulatorenbetrieb und für andere Zwecke kosten ungefähr:

Normaler Maximalstrom, Ampère	20	50	100	200	300	500
Preis, Mark	15—25	20—45	25—50	65—75	75—120	140—180

Umschalter. Von diesen Apparaten sind nur zwei häufig vorkommende Arten hier berücksichtigt: sogen. Ladeumschalter für Akkumulatorenbetrieb und Voltmeterumschalter. Der Preis eines Umschalters richtet sich nach der Zahl der Stromkreise, welche durch ihn in Verbindung gesetzt, bezw. gegeneinander ausgewechselt werden können, und ausserdem nach der maximalen Stromstärke, für welche die Kontaktflächen eingerichtet sein sollen.

Die Preise von Hebel-Umschaltern für Akkumulatorenbetrieb betragen in Mark:

Stromstärke, Ampère	20	50	100	200	500
Einpolig, Mark	6—8	12—15	15—20	22—35	55—65
Zweipolig, Mark	12—15	22—30	30—42	45—70	80—120

Voltmeter-Umschalter kosten:

Zahl der Stromkreise	2	3	4	5	6
Preis in Mark: einpolig	5—7	6—8	7—9	8—10	9—12
Preis in Mark: zweipolig	10—11	11—14	11—15	12—15	12—18

Tabelle 65.

Preise von Hand-Zellenschaltern in Mark.

a) Einfach-Zellenschalter.

Stromstärke	Anzahl der Zellenkontakte					
	5	7	10	14	20	24
30 Ampère	25	30	30	40	45	50
50 »	35	40	50	60	65	70
100 »	50	60	60	70	80	90
150 »	70	80	80	85	100	120
300 »	120	130	140	160	190	200

b) Doppel-Zellenschalter.

Stromstärke	Anzahl der Zellenkontakte				
	8	10	14	20	24
30 Ampère	60	75	85	95	—
50 »	85	100	120	130	150
100 »	110	170	190	220	220
150 »	160	230	250	300	300
300 »	300	350	400	480	520

236. Preise von Messinstrumenten.

Spannungsmesser. Der Preis eines Spannungsmessers ist im allgemeinen um so höher, für je höhere Spannungen das Instrument normal gebraucht werden soll, da hierdurch der vorzuschaltende Widerstand, also die aufzuwendende Drahtmenge, steigt. Ausserdem macht die Anwendung höherer Spannungen auch eine vollkommenere Isolierung der Teile des Apparates notwendig.

Tabelle 66. **Preise von Spannungsmessern.**

a) Mit beweglicher Eisenmasse.

Normaler Messbereich	Mark	Normaler Messbereich	Mark
50— 90 Volt	30—50	um 500 Volt	50—85
100—150 »	30—55	» 600 »	55—90
um 200 »	35—65		
200—300 »	40—75		

a) Mit beweglichem Drahtrahmen (aperiodisch).
(Schalttafel-Instrumente.)

Messbereich	Mark	Messbereich	Mark
0— 75 Volt	60—80	bis 300 Volt	75— 90
0—125 »	70—80	» 500 »	85—100
0—150 »	70—80	» 600 »	90—105

c) Transportable Präzisions-Spannungsmesser.

Bezeichnung	Messbereich Volt	Preis ℳ	Messbereich Volt	Preis ℳ	Messbereich Volt	Preis ℳ
Weston (Normal-Voltmeter)	bis 150	150	bis 300	165	bis 600	180
Siemens & Halske . .	bis 150	145	bis 300	160	bis 750	185

Spannungszeiger der unter a) genannten Konstruktion jedoch mit grosser Skala (Durchmesser 35 bis 50 *cm*), kosten für einen Messbereich bis 150 Volt 150 bis 250 Mark, solche der Konstruktion b) 180 bis 300 Mark.

Ein Spannungswecker mit 2 Klingeln kostet 100 bis 130 Mark, mit gleichzeitigem optischen Signal (2 farbige Glühlampen) 150 bis 160 Mark.

Strommesser. Auch bei diesen Instrumten nimmt der Preis (langsam) zu in dem Masse, wie die grösste Stromstärke, welche noch soll gemessen werden können, steigt. Die Zahl der erforderlichen Windungen wird zwar immer kleiner, allein die Herstellung derselben ist bei Apparaten für grosse Ströme schwieriger, und auch der Aufwand an Metall für den Stromleiter und die Klemmen wird grösser.

Tabelle 67.
Preise von Strommessern (runde Form).
a) mit beweglicher Eisenmasse.

Messbereich bis Ampère	Mark	Messbereich bis Ampère	Mark
25	27—35	300	35—50
50	28—36	500	45—65
100	30—45	1000	65—80
200	30—48		

b) Mit beweglichem Drahtrahmen (aperiodisch.)
(Schalttafel-Instrumente).

Messbereich bis Ampère	Mark	Messbereich bis Ampère	Mark
25	65—75	300	77— 90
50	67—78	500	97—120
100	69—82	1000	120—150
200	71—86		

Ein Stromrichtungszeiger kostet für im Maximum 100 Ampère 7 bis 10 Mark, für bis 500 Ampère 15 bis 20 Mark.

Tourenzähler und **Tachometer.** Ein Tourenzähler einfachster Art, mit Zahrad und Schraube ohne Ende, kostet 6 bis 7 Mark. Ein Tourenzähler mit Zählwerk und 4 springenden Ziffern kostet 30 bis 40 Mark, Mays Umlaufzähler (Fig. 518) 21, mit Messrad 25 Mark.

Der Preis eines Tachometers für Riemenbetrieb (stationäres Tachometer) ist 100 bis 175 Mark, derjenige eines Handtachometers, für Tourenzahlen von etwa 50 bis 2000 bezw. 5000, 120 bis 150 Mark.

Ein **Erdschlussanzeiger** einfachster Art, mit 1 bis 2 Glühlampen, kostet 8 bis 10 Mark, ein Erdschlussprüfer mit Glühlampe und Klingel 35 bis 45 Mark.

Der Preis eines einfachen **Isolationsprüfers** (z. B. Fig. 525 oder 526) ist 35 bis 120 Mark. Messeinrichtungen für genauere Isolationsmessungen mit entsprechend weitem Messbereich kosten 200 bis 400 Mark.

237. Preise von Widerständen. Die Nebenschluss-Regulierwiderstände für Dynamomaschinen sind schon in Tabelle 55 unter den Zubehörteilen für diese Maschinen mit aufgeführt. Es ist noch zu erwähnen, dass für eine Compoundmaschine der Nebenschlussregulator etwas billiger, weil kleiner, wird als für eine Nebenschlussmaschine von gleicher Leistung.

Hauptstrom-Regulierwiderstände für Serienmaschinen zum Bogenlichtbetriebe als Ersatz einzelner ausgeschalteter Bogenlampen kosten ungefähr für eine normale Stromstärke von

8—10	12	16	Ampère
20—40	25—50	30—70	Mark.

Der Preis der Vorschaltwiderstände für Bogenlampen, welche in Parallelschaltungs-Anlagen brennen, richtet sich zunächst danach, ob der Apparat bei einer Betriebsspannung von etwa 65 Volt vor eine Bogenlampe, oder bei 110 Volt vor zwei hintereinander geschaltete Lampen, oder bei 100 bis 110 Volt vor eine Lampe oder bei 220 Volt vor 4 bis 5 Lampen geschaltet werden soll, da je nachdem die erforderliche Drahtmenge verschieden ist. Auch steigt diese mit der Stromstärke, bei welcher die betr. Lampen normal brennen sollen.

Tabelle 68.

Preise von Vorschaltwiderständen für Bogenlampen.

Stromstärke, Ampère	4—6	8—10	12—16
Preis, Mark	9—10	10—12	14—16

Regulierbare Vorschaltwiderstände sind um 25 bis 50% teurer.

238. Preise von Leitungsmaterial. Die Zahl der verschiedenartigen Isolierungen, mit welchen Leitungen für elektrische Beleuchtung ausgeführt werden, ist z. Z. schon so gross, dass hier nur einige Hauptformen berücksichtigt werden können. Bei gleichem Kupferquerschnitt wird der Preis einer Leitung durch die Zahl der einzelnen Isolierhüllen und durch die Art der für diese verwendeten Substanzen bedingt. Auch ist er bei einer Litze aus mehreren Drähten höher als bei einem einzigen Kupferdrahte. Endlich aber schwanken die Preise derartiger Leitungen zeitweise sehr erheblich mit dem jeweiligen Preise des Rohkupfers.

Die Preisangaben der folgenden Tabelle beziehen sich auf Kupfer vom spezifischen Widerstande 0,0175 bei 15° C. und gelten für einen Kupferpreis, wie er z. Z. besteht (Chilibars, Anfang 1903 etwa 57 £, Elektrolytkupfer etwa 60 £ pro Tonne). Die Kupferquerschnitte, welche angegeben sind, sind die im IV. Abschnitte wiederholt genannten Normal-Querschnitte.

Die Preise gelten bis zum Querschnitte von 10 *qmm* für einen Kupferdraht, darüber hinaus für Litzen aus mehreren Drähten. Die sechs hier berücksichtigten Arten von Leitungen sind:

I. Blankes Kupfer.

II. Leitung für trockene Räume. Kupfer mit Baumwolle doppelt besponnen und asphaltiert oder gewachst, dann mit Baumwollgarn umflochten (beklöppelt) und asphaltiert.

III. Feuersicher imprägnierte Leitung. Kupfer doppelt mit Baumwolle besponnen und asphaltiert, dann mit Baumwollgarn umflochten (beklöppelt) und feuersicher imprägniert. Nur für trockene Räume.

IV. Leitung für mässig feuchte Räume. Kupfer verzinnt, mit Gummiband (Naturgummi) umwickelt, doppelt mit Baumwolle umsponnen, dann mit Baumwollgarn umflochten, geteert und gewachst.

V. Leitung für nasse Räume. Kupfer verzinnt, mit vulkanisiertem Kautschuk nahtlos umpresst, dann mit Baumwolle umsponnen bezw. mit Band umwickelt, hierauf mit Baumwollgarn umflochten, geteert und gewachst.

VI. Bleikabel für oberirdische Leitungen. Kupfer mit einem in einer Harzmischung getränkten Gespinnst oder mit einer ebenso getränkten kombinierten Papier-Faser-Isolierung umgeben, dann mit Blei umpresst, darüber noch eine asphaltierte Juteumspinnung.

Tabelle 69.

Preise von Leitungen für elektrische Beleuchtung in Mark, bezogen auf 100 Meter.

Kupferquerschnitt *qmm*	I Blanke Leitung	II Isoliert für trockene Räume	III Feuersicher imprägniert	IV Für mässig feuchte Räume (Gummiband)	V Für nasse Räume (Kautschukumpressung)	VI Bleikabel
1,0	2,05	3,3	3,3	4,5	10,6	38
1,5	3,00	4,3	4,3	5,8	12,4	42
2,5	4,9	6,2	6,2	8,1	15,5	44
4,0	7,9	9,4	9,4	11,9	20,1	53
6,0	11,9	13,2	13,2	16,4	25,7	64
10	19,7	21,0	21,0	25,9	39,1	74
16	31,4	33,2	33,2	40,7	61,3	102
25	49	50,2	50,2	59,4	85,7	136
35	72	69,8	69,8	82,6	116	167
50	104	97,5	97,5	117	154	215
70	144	135	135	160	204	280
95	194	182	182	216	265	355

Der Preis von Doppelleitungen (Doppellitzen) zur festen Verlegung an Wänden mit Hülfe kleiner Porzellanrollen oder Klemmrollen oder Ringisolatoren, bei welchen jede aus unverzinnten, dünnen Kupferdrähten bestehende Litze mit Baumwollgarn umsponnen, mit Naturgummiband umwickelt, mit farbiger Baum-

wolle besponnen und mit Glanzgarn oder Seide umklöppelt ist, worauf beide Adern miteinander verseilt werden, stellt sich folgendermassen:

Kupferquerschnitt jeder Litze	Mit Glanzgarn umklöppelt	Mit Seide umklöppelt
0,5 *qmm*	8,3 Mark	15,0 Mark
0,75 »	10,3 »	18,1 »
1,0 »	12,1 »	20,3 »
1,5 »	15,3 »	24,8 »
2,5 »	21,5 »	32,8 »
4,0 »	29,4 »	43,4 »
6,0 »	40,4 »	57,0 »

Wird statt einer Umwickelung mit Naturgummiband eine Umpressung der (aus verzinnten Drähten bestehenden) Litze, aber im übrigen die gleiche Isolierung wie oben angewendet, so erhöht sich der Preis um 40 bis 50%.

Biegsame Leitungsschnüre (Doppelleitungen) für beweglich angebrachte Glühlampen, bei welchen jede Ader aus unverzinnten Kupferdrähten besteht, mit Baumwollgarn besponnen, mit Naturgummiband umwickelt und mit farbigem Baumwollgarn umsponnen ist, worauf beide Adern, event. nebst einer Tragschnur, zusammen verseilt und mit Glanzgarn oder Seide umflochten sind, kosten pro 100 *m*:

Kupferquerschnitt jeder Litze	Ohne Tragschnur		Mit Tragschnur	
	Mit Glanzgarn umklöppelt	Mit Seide umklöppelt	Mit Glanzgarn umklöppelt	Mit Seide umklöppelt
0,5 *qmm*	8,65 Mark	15,0 Mark	10,1 Mark	18,1 Mark
0,75 »	10,75 »	18,2 »	12,4 »	21,8 »
1,00 »	12,50 »	20,5 »	14,6 »	24,5 »
1,5 »	16,00 »	25,4 »	18,5 »	30,0 »
2,5 »	22,6 »	33,8 »	25,9 »	39,5 »
4,0 »	31,6 »	45,0 »	— »	— »
6,0 »	59,3 »	74,2 »	— »	— »

Wird statt einer Umwickelung mit Naturgummiband eine Umpressung der (aus verzinnten Drähten bestehenden) Litze, aber im übrigen die gleiche Isolierung wie oben angewendet, so erhöht sich der Preis um 30 bis 50%.

Es mögen nun noch einige Angaben folgen über Preise von Materialien, welche beim Verlegen oder Leitungen verwendet werden.

Porzellan-Isolatoren (Doppelglocken), nebst eiserner Stütze mit Holz- oder Steinschraube. Vier verschiedene Grössen.

Preis von 100 Stück etwa:

75 60 45 30 Mark.

Porzellanrollen, mit 1 Nut. Vier verschiedene Grössen, für Leitungen bis zu einem Kupferquerschnitt von etwa 4, 16, 50, 95 *qmm*.

Preis von 100 Stück ungefähr:

1,40 2,00 4,00 6,00 Mark.

Ein Isolator, bestehend aus zwei Porzellanrollen, fertig montiert auf einem eisernen Querstück, das auf einen Eisendübel aufgenietet ist, kostet je nach Grösse 20 bis 40 Pfg. per Stück im Hundert.

Dasselbe mit 3 Rollen: 25 bis 50 Pfg. per Stück im Hundert.

Einführungsrohre aus Porzellan, mit einer nach unten gebogenen Trichteröffnung, kosten je nach Länge und Weite 15 bis 30 Mark per 100 Stück.

Klemmen aus Porzellan für zwei Leitungen.

100 Stück kosten:

kleine	mittlere	grosse
3	6	12 Mark.

Kabelschuhe zum Einlöten der Kabelenden.

Bohrung	5—7	8—12	13—15	16—17	20—25	*mm*
Preis pro Stück	0,30	0,50	0,70	0,90	1,60	Mark

Tabelle 70.
Preise der Materialien zu dem **Bergmannschen Isolierröhren-System.**

		Preise der einzelnen Teile in Mark für Röhrenleitungen, deren innerer Durchmesser beträgt: 7 *mm*	9 *mm*	11 *mm*	16 *mm*	23 *mm*	29 *mm*	36 *mm*	48 *mm*
Rohre, in Längen von 3 *m*, p. 100 *m*	mit je 1 Muffe	19,00	20,60	21,75	31,25	40,75	54,00	87,35	132,5
	ohne Muffen .	16,15	17,65	19,25	28,00	37,00	50,50	83,25	127,5
Ellbogen p. 100 St.	mit 2 Muffen.	25,00	27,60	30,25	36,50	51,00	70,00	—	—
	ohne Muffen .	12,00	13,50	14,75	17,50	25,15	45,00	—	—
Verbindungsmuffen, p. 100 St.	aus Metall . .	4,75	5,35	6,00	7,75	13,00	22,00	—	—
	Isol. Material.	2,00	2,25	2,50	4,00	6,00	8,50	10,00	12,75
Rohrbefestigungen aus Draht, p. Mille		2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	3,00	—
Befestigungsbänder aus Metall, p. 100 St.		0,80	0,80	1,00	—	—	—	—	—
Rohrschellen, p. Hundert . .		1,25	1,35	1,75	3,00	5,50	11,50	19,00	—
Setzeisen zum Einschlagen der Krampen, p. Stück		0,40	0,40	0,40	0,40	0,70	0,70	0,70	—
Kröpfungsstücke p. 100 St.	mit 2 Muffen.	39,00	45,50	49,30	59,50	82,50	98,00	—	—
	ohne Muffen .	26,25	31,50	34,00	40,75	55,25	78,00	—	—

Isolierrohre und Ellbogen mit Metallüberzug kosten etwa 75 bis 100% mehr als solche ohne Metall, Verbindungsmuffen für metallumkleidete Rohre etwa 70% mehr als die für gewöhnliche Rohre.

Der Preis der Rohre mit Stahlpanzer beträgt das 3 bis 4fache von dem der gewöhnlichen.

Abzweigdosen aus Isoliermaterial, Durchmesser 55 *mm*, für 11 *mm* Rohr, mit 1 bis 8 angesetzten Rohrstutzen, kosten, je nach Zahl der Stutzen, 45 bis 80 Pfg.; ein Dosendeckel aus Messing 35 Pfg. Abzweigdosen von 78 *mm* Durchmesser, für 16 *mm* Rohr, mit 1 bis 8 angesetzten Rohrstutzen, 65 bis 100 Pfg., Deckel dazu 45 Pfg. Mit Metallüberzug sind diese Dosen um 50 bis 100%, mit Eisenpanzer um etwa 120% teurer.

Verteilungskasten aus Isoliermaterial für 4 Stromkreise kosten: für Zweileitersystem 3,15 Mark, für Dreileitersystem 3,30 Mark, Porzellaneinsätze dazu, ohne die erforderlichen Schmelzsicherungen, 4 bezw. 4,30 Mark, Metalldeckel 2,25 Mark.

Der Preis der Zwillingsleitungen (mit Kautschuk- oder mit Okonit-Umpressung) ist, wenn der Kupferquerschnitt jedes einzelnen Leiters beträgt:

	Kautschuk	Okonit
1,0 *qmm*	163 Mark	297 Mark
1,5 »	201 »	341 »
2,5 »	284 »	432 »
4,0 »	415 »	596 »
6,0 »	535 »	765 »
10,0 »	756 »	1158 »

per 1000 *m*.

239. Preise einfacher Glühlicht-Armaturen. Die bei ganz einfach ausgestatteten Beleuchtungsanlagen viel verwendeten einfachen Wandarme und Deckenpendel für Glühlampen haben ungefähr die folgenden Preise:

Wandarm oder Pendel, aus Eisenrohr für 1 Glühlampe, samt eiserner Wandrosette, bezw. Isolierhaken, ohne alles Zubehör	1,50 Mark
Dasselbe mit Reflektorschirm	2,50 »
Dasselbe mit Glühlichtfassung, gläserner Schutzglocke und Reflektorschirm	5—6 »
Dasselbe mit Drahtkorb	6—7 »
Pendel mit 2 Glühlampen, nebst Reflektorschirmen, ohne weiteres Zubehör	5—7 »
Wasserdichte Glühlichtarmatur, mit Schutzglocke, Reflektor und Aufhängehaken	2,50—3,50 »
Eine Handlampe zum Herumleuchten mit Schutzglas, Drahtkorb und Aufhängehaken kostet ungefähr	5—7 »
Nippel verschiedener Art (vergl. **177**)	0,20—0,80 »
Schalenhalter (Krallen) mit 3 Schrauben	0,25—0,40 »

Die Preise mancher einschlägiger Gegenstände, welche im vorstehenden nicht aufgeführt sind, können zum Teil aus den nachfolgenden Kostenberechnungen entnommen werden. Das Gleiche gilt bezüglich verschiedener Posten (z. B. Verbrauch an Kohlen, Gas, Wasser, Schmieröl für Betriebsmaschinen), welche für die Betriebskosten mit massgebend sind.

Beispiele von Kostenberechnungen.

240. In den folgenden Beispielen sind sämtliche Faktoren, aus welchen die Kosten der elektrischen Beleuchtung sich zusammensetzen, berücksichtigt, stellenweise jedoch mit Ausnahme der Kosten für die zur Unterbringung des Stromerzeugers (Maschinen, Kessel, Akkumulatoren usw.) erforderlich werdenden Gebäude, des Grund und Bodens für dieselben, bezw. der etwa zu mietenden Räume. Bei Einzelanlagen fällt in vielen Fällen dieser Posten weg, oder ist doch nur unerheblich, da vorhandene Räumlichkeiten benutzt oder billig gemietet werden können.

Die Anschaffungspreise der einzelnen Teile und Materialien sind den vorstehenden Tabellen entnommen. Für die übrigen Kosten sind Beträge angesetzt, wie sie zur Zeit etwa zutreffen. Bei diesen sowohl, wie bei den vorausgesetzten Betriebsumständen sind Durchschnittsverhältnisse angenommen, sodass die Schlussresultate, welche die Gestehungskosten der elektrischen Beleuchtung darstellen, wohl kaum zu günstig sind.

Wie schon unter **226** ausgeführt wurde, sind die Kosten der elektrischen Beleuchtung sehr wesentlich durch die sogen. indirekten Betriebskosten beeinflusst, d. h. durch die Beträge, welche für die Verzinsung des Anlagekapitales, sowie für die **Abschreibungen** (Amortisation), die an den Teilbeträgen für die verschiedenen Hauptteile der Anlage zu geschehen haben, angesetzt werden. Gerade die Abschreibungen werden häufig viel zu gering angesetzt, um die Kosten der Beleuchtung möglichst niedrig erscheinen zu lassen. Mancher ist auch über Bedeutung und Zweck der Abschreibungen überhaupt

nicht im klaren. Diese stellen das Äquivalent für die beim Gebrauche der Anlage infolge der natürlichen Abnutzung der einzelnen Teile eintretende Wertverminderung derselben dar. Die erforderlichen Abschreibungen unterlassen oder zu gering ansetzen heisst leichtsinnig verfahren; denn bei eingetretener völliger Abnutzung der Anlage bis zur Unbrauchbarkeit hat man in diesem Falle das Anlagekapital oder doch einen Teil desselben weiter zu verzinsen, ohne in dem Werte der Anlage dafür einen Ersatz zu besitzen. In den folgenden Beispielen sind überall solche Beträge für die Abschreibungen angesetzt, wie sie zu einem gesunden Wirtschaften erforderlich sind, eher einmal etwas zu viel als zu wenig.

Es braucht nicht von jedem Teile einer elektrischen Beleuchtungsanlage gleich viel abgeschrieben zu werden, da die Abnutzung eine verschiedene ist. Unter der Voraussetzung, dass die Anlage sorgfältig in Stand gehalten und dass besonders Reparaturen rechtzeitig und gründlich ausgeführt werden, kann man für die Dauer der Hauptteile einer Anlage nach den derzeitigen Anschauungen die folgenden Sätze annehmen. Die danach sich ergebenden Beträge der jährlichen Abschreibung sind daneben gesetzt:

	Dauer	jährliche Abschreibung
Grundstück	unbegrenzt	0 %
Gebäude, wenn neu . . . . sonst mehr.	50 Jahre	2 %
Dampfkessel und alle Maschinen	14 bis 20 «	7 bis 5 %
Schalt-, Mess- und Regulierapparate, Schalttafel	20 «	5 %
Leitungen in Innenräumen	20 «	5 %
Leitungen im Freien	14 «	7 %
Bogenlampen und Zubehör	10 bis 14 «	10 bis 7 %
Beleuchtungskörper für Glühlicht	20 «	5 %

Bei Akkumulatoren tritt an Stelle der Abschreibung für die ersten 10 Jahre am besten die unter **65** schon erwähnte Prämie. Diese beträgt zur Zeit jährlich 10 % des Anschaffungspreises der Zellen, wofür in dem genannten Zeitraume alle erforderlichen Reparaturen kostenlos ausgeführt und die Batterie nach Ablauf desselben in dem betriebsfähigen Zustande übergeben wird, in welchem sie sich nach der Neuaufstellung befand. Besonders vorsichtige Besitzer von Anlagen schützen sich gegen die Möglichkeit, dass die Akkumulatorenfabrik fallieren könnte, dadurch, dass sie neben der Prämie noch jährlich von den Akkumulatoren etwas abschreiben. Dieses Verfahren hat auch noch insofern sein Gutes, als nach dem Ablaufe der Versicherungszeit eine jährliche Abschreibung gleich dem Prämienbetrage doch nicht ausreichen würde.

Die jährlich abzuschreibenden Beträge werden selbstverständlich z i n s b a r a n g e l e g t. Daher kommt der Betrag der sich allmählich ansammelnden Z i n s e n u n d Z i n s e s z i n s e n von der baren Rück-

lage in Abzug und die letztere beträgt [illegible] vorstehend angegebenen Prozentsätze. Wenn [illegible] schreibung bar zurückzulegen ist, ergibt sich [illegible] Überlegung.

Ein Kapital K soll in n Jahren angesammelt werden [illegible] Weise, dass am Ende eines jeden Jahres [illegible] bleibende Betrag x zurückgelegt werde. [illegible] Zinsen und Zinseszinsen sollen also am Ende [illegible] den Betrag K angewachsen sein.

Der Zinsfuss sei p, also die jährlichen Zinsen [illegible]

$\frac{p}{100}$ A oder 0,0 p · A.

Die am Ende des 1ten Jahres zurückgelegten x [illegible] Ende des 2ten Jahres angewachsen auf

$$x + 0{,}0\,p \cdot x = x\,(1 + 0{,}0\,p) = 1{,}0\,p \cdot x$$

am Ende des 3ten Jahres auf

$$1{,}0\,p \cdot x + 0{,}0\,p \cdot 1{,}0\,p \cdot x = 1{,}0\,p \cdot x\,(1 + 0{,}0\,p) = x\,(1{,}0\,p)^2$$

am Ende des 4ten Jahres auf

$$x \cdot (1{,}0\,p)^2\,(1 + 0{,}0\,p) = x \cdot (1{,}0\,p)^3$$

und daher am Ende des nten Jahres auf

$$x \cdot (1{,}0\,p)^{n-1}.$$

Ebenso wachsen bis zum Ende des [illegible] des 2ten Jahres zurückgelegten x Mark auf $x \cdot (1{,}0\,p)^{n-2}$

» 3ten » » x » » $x \cdot (1{,}0\,p)^{n-3}$

— — — — — — — — — —

» n—1ten » » x » » $x \cdot (1{,}0\,p)$

» nten » » x » » x.

Der am Ende des nten Jahres im ganzen angesammelte Betrag ist die Summe aller vorstehenden Einzelbeträge, nämlich

$$x\,[1 + 1{,}0\,p + (1{,}0\,p)^2 + (1{,}0\,p)^3 + \ldots + (1{,}0\,p)^{n-1}].$$

Der Ausdruck in der eckigen Klammer bildet eine steigende geometrische Reihe, bei der das Verhältnis eines Gliedes zum vorhergehenden den Wert 1,0 p hat.

Um den Betrag ihrer Summe S zu finden, schreiben wir unter die Reihe noch deren mit 1,0 p vervielfachten Betrag:

$$S = 1 + 1{,}0\,p + (1{,}0\,p)^2 + \ldots + (1{,}0\,p)^{n-1}$$

$$1{,}0\,p \cdot S = \quad 1{,}0\,p + (1{,}0\,p)^2 + \ldots + (1{,}0\,p)^{n-1} + (1{,}0\,p)^n$$

und ziehen den oberen Ausdruck von dem unteren ab, wodurch wir erhalten

$$1{,}0\,p \cdot S - S = (1{,}0\,p)^n - 1 \text{ und daraus}$$

$$S = \frac{(1{,}0\,p)^n - 1}{1{,}0\,p - 1} = \frac{(1{,}0\,p)^n - 1}{0{,}0\,p}.$$

Am Ende des n^{ten} Jahres soll die Rücklage gerade den Betrag des abzuschreibenden Kapitales erreicht haben. Es soll also sein

$$K = x \cdot S.$$

Daraus ergibt sich

$$x = \frac{K}{S} = \frac{K}{\frac{(1{,}0\,p)^n - 1}{0{,}0\,p}} = K \frac{0{,}0\,p}{(1{,}0\,p)^n - 1}.$$

Beispiel. Eine Maschine habe 7500 Mark gekostet und sei in 15 Jahren abzuschreiben. Zinsfuss 4%. Der jährlich zurückzulegende Betrag ist

$$x = 7500 \frac{0{,}04}{(1{,}04)^{15} - 1} = 7500 \frac{0{,}04}{1{,}80 - 1} =$$
$$= 7500 \cdot 0{,}04993 = 374{,}47 \text{ Mark.}$$

Drückt man den für Abschreibung jährlich bar zurückzulegenden Betrag x, die »jährliche Abschreibungsquote« in Prozenten des in n Jahren abzuschreibenden Kapitales K aus, so ist

$$x = 100 \frac{0{,}0\,p}{(1{,}0\,p)^n - 1} \text{ Prozent.}$$

Dieser prozentische Betrag von x ist für verschiedene Beträge von n und p in der folgenden Tabelle angegeben.

Zinsfuss	Zeit für die Abschreibung, in Jahren							
in %	5	10	15	20	25	30	40	50
3	18,836	8,723	5,376	3,722	2,867	2,101	1,326	0,886
$3^1/_4$	18,741	8,623	5,278	3,627	2,653	2,018	1,252	0,823
$3^1/_2$	18,648	8,524	5,183	3,536	2,567	1,937	1,183	0,763
$3^3/_4$	18,555	8,426	5,087	3,446	2,483	1,858	1,115	0,707
4	18,462	8,329	4,993	3,358	2,401	1,783	1,052	0,655
$4^1/_4$	18,370	8,233	4,902	3,272	2,321	1,709	0,991	0,606
$4^1/_2$	18,279	8,137	4,811	3,187	2,243	1,639	0,934	0,560
5	18,097	7,950	4,634	3,024	2,095	1,461	0,827	0,477
$5^1/_2$	17,917	7,766	4,462	2,868	1,954	1,380	0,732	0,406
6	17,739	7,586	4,296	2,718	1,822	1,264	0,646	0,344

Für Verzinsung genügen heutzutage durchweg 4%.

Für Unterhaltung und Reparatur können für die verschiedenen Teile einer Anlage die folgenden Beträge in Prozenten des Anschaffungswertes eingesetzt werden.

Kessel und alle Maschinen	1 bis 2 %
Akkumulatoren (wegen Versicherung) . . .	0 »
Leitungen in Innenräumen, Schalt-, Mess- und Regulierapparate	1 bis 2 »
Leitungen im Freien und Bogenlampen . .	5 »
Gebäude (wenn für die Stromerzeugungsanlage ein besonderes Gebäude errichtet ist) . .	1 »

Zur Vereinfachung kann man für Unterhaltung und Reparatur im ganzen auch 1½ bis 2% der gesamten Anlagekosten rechnen, je nach Art der Anlage, Umfang des Betriebes usw.

241. Beispiel 1. **Kleine Anlage mit Gasmotor; reiner Maschinenbetrieb.** Eine Restauration sei durch 75 Glühlampen à 16 Kerzen und durch zwei vor dem Eingange angebrachte Bogenlampen von 6 Ampère zu beleuchten.

Als Betriebsmaschine diene ein mit Leuchtgas betriebener Gasmotor, und zwar sei reiner Maschinenbetrieb angenommen. Die Spannung an den Lampen sei 110 Volt. Wird der Arbeitsverbrauch einer Glühlampe zu 53 Watt und der gesamte Spannungsverlust zu 2% angenommen, so hat die Dynamomaschine rund 4725 Watt zu erzeugen, da die Bogenlampen etwa 660 Watt verzehren. Bei einem Wirkungsgrade der Dynamomaschine von 82% und 4% Verlust durch Riemengleitung ist für je 580 Watt 1 PS aufzuwenden, für 4725 Watt also rund 8 PS.

Die Maschinenanlage möge demnach bestehen: aus einem 8pferdigen Präzisions-Gasmotor von 220 Touren und einer von demselben direkt mittels Riemens angetriebenen Dynamomaschine, welche bei etwa 1200 Touren 112 Volt und 42 Ampère normal geben kann. Die Ausstattung der Beleuchtungskörper (Lustres, Wandarme usw.) sei eine elegante.

Danach stellen sich die Anlagekosten folgendermassen:	Mark
1 Präzisions-Gasmotor von 8 PS	3200
1 Treibriemen	80
1 Compound-Dynamomaschine für etwa 5 Kilowatt, Tourenzahl 1200 (Preis pro 1 Kilowatt 140 Mark, siehe Tabelle 53)	700
Gleitschienen mit Riemen-Spannvorrichtung für die Dynamomaschine	50
1 Schalttafel, enthaltend: 1 Spannungsmesser, 1 Strommesser, 1 Nebenschluss-Regulierwiderstand, 1 zweipoligen Hauptausschalter für die Dynamomaschine, 3 zweipolige Ausschalter für die Glühlicht-Hauptleitungen, 1 Ausschalter für die vom Schaltbrette ab separat geführte Bogenlichtleitung, je eine zweipolige Bleisicherung für jede der vier genannten Leitungen, sowie eine für die Dynamomaschine. Zusammen	250
Beleuchtungskörper für 75 Glühlampen, elegant ausgestattet, einschliesslich Schalenhalter und Glasschalen	1500
75 Glühlampen, à 0,30 Mark, nebst Fassungen, zur Hälfte mit, zur Hälfte ohne Ausschalter	75
2 Nebenschluss-Bogenlampen, für 6 Ampère, nebst Glasglocken, Bekrönungen, Reflektorschirmen, eleganten Wandarmen, Aufzugswinden mit Drahtseil	200
1 Vorschaltwiderstand für die Bogenlampen	12
Für Leitungsmaterial: isolierte Drähte und Kabel, Dübel, Porzellanrollen, Durchführungsrohre, Sicherungen, Ausschalter usw.	400
Montage der ganzen Anlage	433
Summe	6900

Es kostet somit die Anlage pro installierte Glühlampe von 16 Kerzen, wenn jede Bogenlampe zu 7 Glühlampen von 16 Kerzen gerechnet wird, $\frac{6900}{89}$ = rund 78 Mark.

Ferner kostet die installierte Glühlampe, wenn von der Maschinenanlage nebst Schaltbrett abgesehen, also nur die Installation der Leitungen und Nebenapparate gerechnet wird (Montage zu 275 Mark angenommen),

$$\frac{2460}{89} = 27{,}7 \text{ Mark.}$$

Weiter berechnen sich die Betriebskosten wie folgt:

a) Indirekte Betriebskosten.

	Mark
Verzinsung des Anlagekapitals von 6900 Mark mit 4%	276
Abschreibung von den Maschinen und den Bogenlampen, im Gesamtwerte von 4230 Mark, (Dauer 15 Jahre) nach Tabelle Seite 606 4,993%	211
Abschreibung von dem Reste (2670 Mark) 5%	134
Für Unterhaltung und Reparatur $1^1/_2$% des Anlagekapitals	104
Summe	725

Hierin sei auch die Miete für den Gasmesser mit eingeschlossen.

b) Direkte Betriebskosten.

Zur Feststellung der Kosten des unmittelbaren Betriebes muss die Anzahl der jährlichen Betriebsstunden, sowie die mittlere jährliche Brenndauer einer Glühlampe bekannt sein.

Bei der vorliegenden Anlage möge der Maschinenbetrieb täglich von Dunkelwerden bis nachts 1 Uhr dauern. Dies ergibt eine mittlere tägliche Betriebsdauer von $6^1/_2$ Stunden, also jährlich 6,5 × 365 = 2370 Stunden.

Bezüglich der Brenndauer der Lampen sollen zwei verschiedene Fälle angenommen und getrennt behandelt werden. Zunächst sei angenommen, dass während der ganzen Dauer des Maschinenbetriebes sämtliche Lampen brennen. Dies ergibt pro Lampe eine jährliche Brenndauer von 2370 Stunden. Der Motor ist stets voll mit ca. 8 PS beansprucht. Der Gasverbrauch desselben bei Vollbelastung ist mit 0,60 *cbm* Gas pro Stunde und 1 PS nicht zu niedrig angenommen. Bezüglich des Gaspreises sollen ebenfalls zwei Fälle unterschieden werden, nämlich dass 1 *cbm* 12 Pfg. oder 15 Pfg. kostet. Das Kühlwasser stehe umsonst zur Verfügung.

Unter der Annahme eines Gaspreises von 12 Pfg. stellen sich nun die direkten Betriebskosten folgendermassen:

	Mark
Gasverbrauch bei 8 PS in 2370 jährlichen Betriebsstunden, 11376 *cbm*, à 12 Pfg.	1365
Schmier- und Putzmaterial, 1 Pfg. pro 1 PS und 1 Stunde, ergibt in 8 × 2370 PS-Stunden	190
Verbrauch an Kohlenstiften in den Bogenlampen, bei 6 Ampère, durchschnittlich 1,3 Pfg. pro Stunde, in 2370 Stunden	31
Glühlampenersatz, wenn die Lebensdauer einer Lampe zu durchschnittlich 300 Brennstunden angenommen wird, bei 2370 Brennstunden im Jahr $\frac{75 \times 2370}{300}$ = 590 Lampen, à 0,30 Mark	177
Die Wartung der Anlage werde durch schon vorhandene Hülfskräfte besorgt, sodass dafür nichts in Ansatz gebracht werden soll.	
	1763
Dazu die indirekten Betriebskosten	725
Summe	2488

Es kommt demnach 1 Brennstunde der 16kerzigen Glühlampe auf

$$\frac{2488 \times 100}{89 \times 2370} = 1{,}18 \text{ Pfg.}$$

zu stehen, wenn jede Bogenlampe zu 7 Glühlampen gerechnet wird.

Bei einem Gaspreise von 15 Pfg. für 1 *cbm* erhöhen sich die direkten Betriebskosten um 11 376 × 0,03 = 341 Mark, sodass 1 Lampenstunde um 0,16 Pfg. teurer wird, also auf 1,34 Pfg. zu stehen kommt.

Die bisher gemachte Annahme, dass während der 2370 Betriebsstunden stets sämtliche Lampen brennen, ist für die meisten Fälle zu günstig. Deswegen soll die Kostenberechnung wiederholt werden unter der Voraussetzung, dass jede Lampe, auch die Bogenlampen, im Mittel nur während der Hälfte der Betriebszeit, im Jahre also nur 1185 Stunden brenne. Beträgt der

Gaspreis 12 Pfg., so sind die Betriebskosten (unter der Annahme, dass man bei einer durchschnittlich nicht vollen Belastung der Gasmaschine für je 1 PS-Stunde 0,8 *cbm* Gas verbrauche und nur 550 Wattstunden erzeugt werden):

	Mark
Gasverbrauch $\frac{4725}{2 \times 550} \times 2370 \times 0{,}8 = 8150$ *cbm*, à 12 Pfg.	978
Schmier- und Putzmaterial, etwa	160
Kohlenverbrauch der Bogenlampen (in 1185 Stunden)	16
Glühlampenersatz	89
	1243
Indirekte Kosten	725
Summe	1968

Das ergibt für 1 Lampenstunde

$$\frac{1968 \times 100}{89 \times 1185} = 1{,}87 \text{ Pfg.}$$

Bei einem Gaspreise von 15 Pfg. betragen die Mehrkosten für Gasverbrauch 248 Mark, macht pro Lampenstunde rund 0,23 Pfg., sodass 1 Lampenbrennstunde **2,10 Pfg.** kostet.

Es möge noch der Fall berücksichtigt werden, dass die Bedienung der Anlage durch einen besonderen Wärter geschieht. Dieser erhalte für 1 Stunde Arbeitszeit 0,30 Mark, also für 2370 Betriebsstunden 711 Mark; ausserdem für Reinigung des Motors, welche monatlich 2 mal 4 Stunden, im Jahre also rund 100 Stunden in Anspruch nimmt, noch 30 Mark, für das Instandhalten der Lampen 60 Mark, zusammen rund 800 Mark. Die Gestehungskosten für 1 Brennstunde der 16kerzigen Glühlampe für diesen Fall, sowie für die schon betrachteten Fälle, in welchen von einem besonders bezahlten Wärter abgesehen wurde, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Jede Lampe brennt jährlich 2370 Stunden		Jede Lampe brennt jährlich 1185 Stunden	
	Gaspreis 12 Pfg.	Gaspreis 15 Pfg.	Gaspreis 12 Pfg.	Gaspreis 15 Pfg.
Bezahlter Betriebswärter nicht vorhanden	1,18	1,34	1,87	2,10
Bezahlter Betriebswärter vorhanden	1,56	1,72	2,63	2,86

Aus dieser Zusammenstellung ist deutlich zu ersehen, wie sehr bei Zunahme der jährlichen Brennstunden die Kosten von 1 Lampenbrennstunde abnehmen und wie erheblich bei einer kleinen Anlage durch Anstellung eines besonderen bezahlten Wärters das Licht verteuert wird.

242. Beispiel 2. **25pferdige Anlage mit stationärer Lokomobile; reiner Maschinenbetrieb.** Beleuchtung eines Vergnügungslokales mit Restauration durch 240 Glühlampen von 16 Kerzen und 6 Bogenlampen von 6 Ampère. Die Betriebsspannung an den Lampen sei 110 Volt. Die Bogenlampen werden zu je zwei hintereinander geschaltet. Der Arbeitsverbrauch einer Glühlampe werde zu 53 Watt angenommen, der gesamte Spannungsverlust bis zu den Lampen zu 2%. Jedes Bogenlampenpaar verbraucht $110 \times 6 = 660$ Watt; also ist der Stromverbrauch der 6 Bogenlampen dem von etwa 37 16kerzigen Glühlampen äquivalent. Der Verbrauch an elektrischer Energie beim Brennen sämtlicher Lampen beträgt $240 \times 53 + 3 \times 660 = 14\,680$ Watt; also sind, wegen des Spannungsverlustes, zu erzeugen rund 15000 Watt. Dies soll durch eine Dynamomaschine geschehen und der Betrieb reiner Maschinenbetrieb sein.

Bei einem Wirkungsgrade der Dynamomaschine von im Mittel 85% erfordert diese für je 625 Watt eine Betriebskraft von 1 PS, bei voller Belastung also 15000 : 625 = 24 PS. Werden noch 4% Verlust für Riemengleitung gerechnet, so hat der die Dynamomaschine antreibende Motor rund 25 PS zu leisten.

Diese Betriebskraft werde geliefert durch eine stationäre Lokomobile auf Tragfüssen, von 120 Touren. Die Dynamomaschine mache 800 Touren. Die Übertragung geschehe direkt (ohne Vorgelege) durch einen Riemen.

Die Ausstattung der Beleuchtungskörper für die Glühlampen sei mittelfein. Von den Bogenlampen hängen 2 vor dem Lokale im Freien an Wandarmen, 4 in Innenräumen. Vom Schaltbrette aus sollen 4 Hauptstromkreise für die Glühlampen, sowie die 3 Bogenlichtkreise getrennt geführt werden.

Hiernach sind die Anlagekosten:

	Mark
1 stationäre Compound-Lokomobile auf Tragfüssen, mit ausziehbarem Röhrenkessel (ohne Kondensation), 25 PS, komplett inkl. 20 *m* Blechschornstein (vergl. Tabelle 58)	10900
1 Treibriemen	250
1 Nebenschluss-Dynamomaschine für 15 Kilowatt normale Leistung bei 112 Volt, Tourenzahl 800, Preis pro 1 Kilowatt 110 Mark .	1650
Gleitschienen nebst Riemenspannvorrichtung	80
1 Schalttafel, enthaltend: 1 Nebenschlussregulator, 1 Spannungsmesser, 1 Spannungswecker, 1 Strommesser für 150 Ampère, 1 Hauptausschalter für 150 Ampère, 4 Hebelausschalter für je 60 Ampère, 3 Ausschalter für je etwa 10 Ampère, 1 Maschinensicherung für 150 Ampère, 4 zweipolige Sicherungen für je 60 Ampère, 3 ebensolche für je 10 Ampère. Ferner 1 einfachen Erdschlussanzeiger, 1 Blitzschutzvorrichtung. Zusammen . .	500
2 Nebenschluss-Bogenlampen, 6 Ampère, für 8stündige Brenndauer, zum Aufhängen im Freien, nebst allem Zubehör, Wandarmen und 1 Vorschaltwiderstand	200
4 Bogenlampen der gleichen Art, jedoch für Innenräume vorgerichtet, mit Zubehör und 2 Vorschaltwiderständen	280
Beleuchtungskörper für 240 Glühlampen, in mässig eleganter Ausstattung, einschliesslich Schalenhalter und Glasschalen	1800
240 Glühlampen, à 0,30 Mark, nebst Fassungen, zu ein Drittel mit, zu zwei Dritteln ohne Ausschalter	230
Für Leitungsmaterial und Hülfsapparate: Isolierte Drähte und Litzen, Dübel, Porzellanrollen, Porzellanglocken, Isolierrohre, Durchführungsrohre, Sicherungen, Ausschalter usw.	1200
Für Montage	1000
Für Verpackung, Frachten und Unvorhergesehenes	610
Summe	18700

Danach betragen die gesamten Anlagekosten pro 1 installierte Glühlampe von 16 Kerzen (wenn die 6 Bogenlampenpaare zu 40 Glühlampen gerechnet werden):

$$\frac{18\,700}{280} = \text{rund 67 Mark.}$$

Die Kosten der installierten Lampe ohne Maschinenanlage und Schalttafel betragen, wenn für Montage 700 Mark, für Verpackung usw. 390 Mark angesetzt werden:

$$\frac{4800}{280} = 17{,}14 \text{ Mark.}$$

Betriebskosten.

a) Indirekte.

	Mark
Zinsen, 4% von 18700 Mark	748
Abschreibungen:	
Maschinen und Zubehör in 15 Jahren; jährlich bar zurückzulegende Quote (nach Tabelle Seite 606) 4,993% von 12880 Mark	644
Bogenlampen in 10 Jahren, jährliche Quote 8,329% von 480 Mark . .	40
Rest in 20 Jahren, jährliche Quote 3,358% von 5340 Mark	179
Summe	1611

b) Direkte.

Die Lokomobile verbrauche bei den verschiedenen vorkommenden Belastungen im Mittel pro Stunde und 1 PS 2 *kg* Steinkohle. Zum Anheizen seien jedesmal 60 *kg* Kohlen erforderlich. Das Speisewasser stehe kostenlos zur Verfügung.

Die Anlage sei an 320 Tagen im Jahre in Betrieb. Es sollen an 150 Tagen im Jahre sämtliche installierte Lampen brennen, und zwar im Mittel jedesmal 5 Stunden lang. An den übrigen 170 Betriebstagen dauere der Maschinenbetrieb zwar ebenfalls durchschnittlich 5 Stunden, allein es sollen nur 2 Bogenlampen und 127 Glühlampen brennen, sodass der Stromverbrauch die Hälfte von demjenigen bei vollem Betriebe ist.

Der Kohlenpreis sei 2,00 Mark für 100 *kg*. Da der Stromverbrauch an einem und demselben Tage wesentlich konstant bleibt, so genügt zur Wartung 1 Maschinist, der zugleich den Kessel besorgt. Derselbe erhalte pro Stunde Arbeitszeit 0,50 Mark.

Danach sind die direkten Betriebskosten:	Mark
Kohlenverbrauch, bei 150 × 5 × 25 + 170 × 5 × 12,5 = 29380 Pferdekraftstunden im Jahre, 58800 *kg* und für 320 mal Anheizen 19200 *kg*, zusammen 78000 *kg*	1560
Schmier- und Putzmaterial, 0,5 Pfg. pro 1 Stunde und 1 PS, bei 29380 PS-Stunden rund	150
Der Maschinist erhält für 1600 Betriebsstunden, 400 Stunden zum Anheizen, 100 Stunden Kesselreinigung, zusammen 2100 Stunden . .	1050
Kohlenverbrauch der Bogenlampen. Die Gesamtzahl der jährlichen Bogenlampenbrennstunden beträgt 6 × 5 × 150 + 2 × 5 × 170 = 6200. Bei 6 Ampère werden in 1 Stunde verbrannt für etwa 1,3 Pfg. Kohlenstifte, im ganzen also jährlich für rund 81 Mark. Berücksichtigt man Kohlenabfall durch Bruch und den Umstand, dass manchmal Stifte nicht ganz abgebrannt werden, so kann angesetzt werden	90
Glühlampenersatz. Von den vorhandenen 240 Glühlampen brennen 127 je 1600 Stunden, 113 nur 750 Stunden. Die Gesamtzahl der Glühlampen-Brennstunden ist also jährlich 288000. Die Lebensdauer einer Glühlampe zu 300 Brennstunden angenommen, beträgt somit der jährliche Lampenersatz $\frac{288000}{300}$ = 960 Lampen, à 0,30 Mark	288
	3138
Dazu die indirekten Kosten	1611
Summe (rund)	4749

Wird jedes Paar Bogenlampen zu 12 Glühlampen à 16 Kerzen gerechnet, so entspricht der jährliche Gesamtverbrauch an elektrischer Arbeit, ausgedrückt in Glühlampen-Brennstunden, 288000 + 12 × 3100 = 325200 Brennstunden. Die mittlere jährliche Brenndauer einer Lampe beträgt, die Bogenlampen in Glühlampen umgerechnet:

$$\frac{325200}{276} = 1180 \text{ Stunden,}$$

und es kostet bei dieser Brenndauer 1 Brennstunde der 16kerzigen Glühlampe:

$$\frac{4749 \times 100}{325200} = 1{,}46 \text{ Pfg.}$$

243. Beispiel 3. **20pferdige Anlage mit Gasmotor. Akkumulatoren als Reserve.** Eine grössere Druckerei sei durch 200 16kerzige Glühlampen und 4 Bogenlampen von 6 Ampère zu beleuchten. Ein Gasmotor diene als Betriebsmaschine. Eine Akkumulatorenbatterie sei vorhanden, jedoch niemals zugleich mit der Dynamomaschine an der Stromlieferung beteiligt, sondern nur zu den Zeiten, in welchen der Maschinenbetrieb ruht.

Die Verhältnisse bezüglich des Stromverbrauches seien derart, dass vom Dunkelwerden ab bis 10 Uhr abends stets sämtliche Lampen brennen, während von 10 Uhr ab bis Tagesanbruch der Stromkonsum durchschnittlich nur ein Viertel desjenigen bei vollem Betriebe beträgt und von diesem mittleren Betrage nicht sehr wesentlich abweicht. Vom Dunkelwerden bis 10 Uhr speist die Dynamomaschine allein die Lampen. Um 10 Uhr wird der Maschinenbetrieb eingestellt, und die Akkumulatoren liefern den Strom bis zum Morgen. Die Ladung der Batterie geschieht vor Beginn des abendlichen Lichtbetriebes. Die normale Spannung an den Lampen sei 110 Volt, der gesamte Spannungsverlust in den Leitungen 2%, die Anzahl der Akkumulatorzellen 62. Von den Bogenlampen sollen zwei im Freien, die eine vor dem Eingange, die andere im Hofe, hängen, die beiden übrigen in einem Maschinensaale.

Die Zeit, während welcher die Akkumulatoren Strom geben, ist an den kürzesten Wintertagen von abends 10 bis früh 8 Uhr, also 10 Stunden. Es wird daher zweckmässig eine Batterie gewählt, welche bei 10stündiger Entladung die für $^1/_4$ der gesamten Lampen erforderliche Strommenge zu liefern vermag. Die erforderliche Grösse der Dynamomaschine ergibt sich zu 12160 Watt, da die zum Brennen aller Lampen erforderliche Energie $200 \times 53 + 2 \times 6 \times 110 = 11920$ Watt beträgt und 2% Spannungsverlust angenommen sind.

Die Stromstärke beim Brennen sämtlicher Lampen ist $11920 : 110 = 108{,}4$ Ampère, die normale Entladestromstärke der Batterie also $^1/_4$ hiervon, rund 27 Ampère. Demnach ist die erforderliche Kapazität der Akkumulatoren bei 10stündiger Entladezeit $10 \times 27 = 270$ Ampère-Stunden. Zur Vorsicht werde jedoch eine Batterie für $10 \times 30 = 300$ Ampère-Stunden gewählt. Zum Laden wird man die Batterie am besten in zwei Hälften parallel schalten, damit die Dynamomaschine niemals mehr als etwa 112 Volt zu geben braucht. Die Regulierung der Stromstärke während der Ladung kann, da keine Lampen mitzubrennen brauchen, mittels des Nebenschlussregulators der Dynamomaschine geschehen. Damit die zur Ladung erforderliche Zeit nicht zu gross werde, wird man die Stromstärke im einzelnen Elemente höher als 30 Ampère nehmen (was bei Elementen für 10stündige Entladung mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmt). Die Ladestromstärke sei 55 Ampère pro Batteriehälfte, im ganzen also $2 \times 55 = 110$ Ampère, sodass die Dynamomaschine gegen Ende der Ladung nahezu voll belastet ist. Unter der Voraussetzung, dass von der in die Batterie hineingeladenen Elektricitätsmenge (Ampère-Stunden) 85% wieder zu verwenden seien, müssen zur normalen Ladung der an den Tagen des grössten Verbrauches mit 270 Ampère-Stunden entladenen Batterie 318 Ampère-Stunden aufgewendet werden; die Ladung erfordert in diesem Falle also $318 : 55 = 5{,}8$ Stunden.

Wird der Wirkungsgrad der Dynamomaschine zu 86% und für Riemengleitung ein Verlust von 4% angenommen, so ist beim Brennen aller Lampen eine Betriebskraft erforderlich von

$$\frac{12160}{736 \times 0{,}82} = 20{,}2 \text{ PS.}$$

Mit Rücksicht auf etwaige spätere Erweiterungen der Anlage sei jedoch ein Gasmotor von 25 PS und dementsprechend eine Dynamomaschine für etwa 15 Kilowatt Maximalleistung gewählt. Der Antrieb der letzteren mittels Riemens geschehe direkt, ohne Vorgelege.

Danach sind die Anschaffungskosten:	Mark
1 einzylindriger Präzisions-Gasmotor von 25 PS nebst Zubehör, Tourenzahl 190	7000
1 Treibriemen	200
1 Nebenschluss-Dynamomaschine für 15 Kilowatt bei rund 112 Volt, Tourenzahl 800, Preis pro 1 Kilowatt 110 Mark	1650
Gleitschienen mit Riemenspannvorrichtung	80
1 Schalttafel, enthaltend: 1 Spannungsmesser, 2 Strommesser, je bis 140 Ampère, 1 Nebenschluss-Regulator, 1 selbsttätigen Maschinenausschalter für 150 Ampère, 1 Reihenschalter, 1 Stromrichtungszeiger, 1 Umschalter zum Spannungsmesser mit 3 Kontakten, 1 Lade- und	

	Mark
Entlade-Umschalter für 150 Ampère, 1 Vorschaltwiderstand, regulierbar, für die Entladung der Akkumulatoren, bis 100 Ampère aushaltend, 1 zweipolige Sicherung für 150 Ampère, für die Dynamomaschine, 1 desgl. für rund 50 Ampère, für die Akkumulatoren, 4 zweipolige Sicherungen für je 25 bis 30 Ampère, für 4 Glühlichtstromkreise, 4 einpolige Hebelausschalter ebendafür, 2 zweipolige Sicherungen und 2 einpolige Ausschalter, alle für bis 12 Ampère, zu den Bogenlampen, 1 Paar Hauptschienen, 1 einfachen Erdschlussanzeiger. Zusammen	650
2 Nebenschluss-Bogenlampen von 6 Ampère, Brenndauer 8 bis 10 Stunden, zum Aufhängen im Freien, nebst allem Zubehör, Wandarmen und Vorschaltwiderstand	180
2 Bogenlampen derselben Art, jedoch für Innenräume, mit Zubehör und Vorschaltwiderstand	140
Beleuchtungskörper für 200 Glühlampen, in ganz einfacher Ausstattung	800
200 Glühlampen, à 0,30 Mark, nebst 200 Fassungen, sämtlich mit Ausschalter versehen	225
Für Leitungsmaterial und Zubehör einschliesslich Sicherungen und Ausschalter	700
62 Akkumulatoren für 10stündige Entladung, Kapazität 300 Ampère-Stunden. Der Preis pro Zelle und 1 Ampère-Stunde beträgt bei Elementen für 3stündige Entladung und 300 Ampère-Stunden Kapazität 16,1 Pfg., bei Zellen für 10stündige Entladung etwa 25% weniger (vergl. **232**), also 12,1 Pfg. Die Batterie kostet also $62 \times 300 \times 0{,}121$	2250
Für das Balkengestell der Batterie, Isolatorfüsse, Verbindungsleitungen mit dem Schaltbrett, Säurebottich, 2 Aräometer, Schwefelsäure, Verpackung und Fracht. Zusammen	520
Montage der ganzen Anlage	1000
Für Verpackung, Frachten (ohne Akkumulatoren), Unvorhergesehenes und zur Abrundung	605
Summe	16000

Es betragen somit die gesamten Anlagekosten pro installierte Glühlampe, jede Bogenlampe von 6 Ampère zu 7 Glühlampen gerechnet, im ganzen rund **70 Mark**, ohne Maschinen, Akkumulatoren und Schalttafel dagegen (wenn für Montage 600 Mark, für Verpackung usw. 355 Mark angesetzt werden)

$$\frac{3000}{228} = 13{,}15 \text{ Mark.}$$

Betriebskosten.

a) Indirekte.

	Mark
Verzinsung des Anlagekapitals mit 4%	640
Abschreibung für Maschinen und Bogenlampen (9250 Mark 15 Jahre, 4,993%)	462
Prämie für die Akkumulatoren (10% von 2250 Mark)	225
Abschreibung für den Rest und für die Akkumulatoren (20 Jahre, 3,358% von 4500 Mark)	151
Unterhaltung und Reparatur (mit Ausnahme der Batterie), $1^1/_2$% von 13750 Mark	206
Summe	1684

b) Direkte.

Der Lichtkonsum in der vorliegenden Anlage stellt sich folgendermassen:

An den kürzesten Wintertagen brennen sämtliche Lampen von nachmittags 4 bis abends 10 Uhr. Von 10 bis früh 8 Uhr brennt $^1/_4$ aller Lampen (und zwar, wie angenommen werden soll, darunter 2 Bogenlampen). An den längsten Sommertagen brennen: von abends 8 bis 10 alle Lampen, von 10 bis früh 4 Uhr

$^1/_4$ aller Lampen. Es kann also angenommen werden, dass sämtliche Lampen im Jahresmittel täglich 4 Stunden und dass $^1/_4$ aller Lampen ausserdem noch im Mittel 8 Stunden pro Tag brennen. *Die Zahl der jährlichen Betriebstage sei* 300.

Bei vollem Betriebe verzehren die Lampen 11 920 Watt, wenn nur $^1/_4$ derselben brennt, 2980 Watt. Wegen des Spannungsverlustes in den Leitungen hat die Stromquelle in beiden Fällen zu liefern rund 12 160 Watt, bezw. rund 3000 Watt. Wenn, wie angenommen, der volle Betrieb im Mittel täglich 4 Stunden dauert, so hat die Dynamomaschine direkt an die Lampen täglich $4 \times 12\,160 = 48\,640$ Wattstunden zu liefern. Die Akkumulatoren geben, bei täglich durchschnittlich 8stündiger Stromentnahme, pro Tag im Mittel $8 \times 3000 = 24\,000$ Wattstunden an die Lampen ab.

Die von der Batterie abgegebene elektrische Arbeit entstammt aber der Dynamomaschine. Nimmt man den Wirkungsgrad der Akkumulatoren bezüglich der elektrischen Arbeit praktisch zu 75% an, so hat die Dynamomaschine der Batterie $^1/_3$ mehr an elektrischer Arbeit (Wattstunden) zuzuführen, als die letztere wieder abgibt, täglich im Jahresmittel also $24\,000 + 8000 = 32\,000$ Wattstunden. Im ganzen muss die Dynamomaschine also täglich durchschnittlich $48\,640 + 32\,000 = 80\,640$ Wattstunden liefern.

Dieser elektrischen Arbeitsleistung entsprechen, bei dem angenommenen Wirkungsgrad der Dynamomaschine und mit Rücksicht auf den Verlust bei der Riemenübertragung,

$$\frac{80\,640}{736 \times 0{,}82} = 134 \text{ PS-Stunden.}$$

Die mittlere tägliche Dauer des Maschinenbetriebes zum Laden der Batterie und zur Beleuchtung ist etwa $9^1/_4$ Stunden. An den kürzesten Tagen beträgt dieselbe $12^1/_2$ Stunden (von vormittags $9^1/_2$ bis abends 10 Uhr), an den längsten Sommertagen gegen 6 Stunden (von etwa 4 Uhr nachmittags bis abends 10 Uhr). Für das Reinigen des Gasmotors sind im Jahre etwa 150 Stunden anzusetzen.

Es ergeben sich nun die direkten Betriebskosten folgendermassen:

	Mark
Gasverbrauch für $300 \times 134 = 40\,200$ PS-Stunden, wenn für 1 PS-Stunde durchschnittlich 0,50 *cbm* angenommen werden, 20 100 *cbm*, welche bei einem Gaspreise von 12 Pfg. kosten	2412
Schmier- und Putzmaterial, 1 Pfg. pro 1 PS-Stunde	402
Kühlwasser, 0,4 *cbm* für 1 PS-Stunde, à 1 *cbm* 10 Pfg.	161
Kohlen für die Bogenlampen. Die Zahl der Bogenlampen-Brennstunden ist, wenn von 10 Uhr abends bis Tagesanbruch nur 2 Lampen brennen, im Jahre $4 \times 4 \times 300 + 8 \times 2 \times 300 = 9600$. Bei 6 Ampère verbrennen pro Lampenstunde für etwa 1,3 Pfg. Kohlenstifte, in 9600 Stunden also für 125 Mark, welcher Betrag, mit Rücksicht auf den sich ergebenden Abfall, erhöht werden soll auf	140
Glühlampenersatz. Es brennen täglich im Mittel 200 Glühlampen 4 Stunden lang und von abends 10 Uhr ab, da der Stromverbrauch $^1/_4$ des maximalen beträgt und 2 Bogenlampen $= 2 \times 7$ Glühlampen mitbrennen, 43 Glühlampen noch 8 Stunden lang. Daraus ergeben sich pro Tag im Jahresdurchschnitt 1144 Glühlampen-Brennstunden und in 300 Tagen 343 200 Brennstunden. Wird die Lebensdauer einer Glühlampe wieder zu 300 Brennstunden angenommen, so werden zum Ersatz $\frac{343\,200}{300} = 1144$ Glühlampen verbraucht, à 0,30 Mark	343
Zur Wartung der Anlage ist 1 Mann erforderlich. Dieser soll pro Arbeitsstunde 40 Pfg. erhalten. Das macht aufs Jahr, bei täglich im Durchschnitt 10 Arbeitsstunden [1]) in 300 Tagen,	

[1]) Es ist dabei angenommen, dass während der Nachtzeit, von 10 Uhr abends ab, der Maschinist keinen Dienst hat. Das zeitweilige Nachregulieren

		Mark
	wenn noch 150 Stunden für Reinigung des Motors hinzukommen, rund	1260
		4718
Dazu die indirekten Kosten		1684
	Summe	6402

Berechnet man jede der 4 Bogenlampen zu 7 Glühlampen, so beträgt die Zahl der jährlichen Glühlampen-Brennstunden

$$4 \times 300 \times 228 + 8 \times 300 \times 57 = 411000,$$

und es kostet eine Brennstunde der 16kerzigen Glühlampe

$$\frac{6402 \times 100}{411000} = 1,56 \text{ Pfg.}$$

Die Zahl der jährlichen Brennstunden beträgt dabei für jede Lampe 411000 : 228 = 1800.

Bei einem Gaspreise von 15 Pfg. würde sich die Lampenstunde um 0,15 Pfg. höher, also auf 1,71 Pfg., stellen.

244. Beispiel 4. **20pferdige Kraftgasanlage; Akkumulatoren als Reserve.** Die im vorigen Beispiele behandelte Beleuchtungsanlage in einer grösseren Druckerei soll als Kraftgasanlage projektiert werden. Das zum Betriebe des Gasmotors erforderliche Kraftgas sei sogen. Saug-Generatorgas und werde mittels einer dazu geeigneten Einrichtung, durch Überleiten von Luft und Wasserdampf über glühende Kohlen, an Ort und Stelle erzeugt. Es kommen also die Anschaffungs- und Betriebskosten für diese Einrichtung hinzu, während die Ausgabe für Leuchtgas wegfällt.

Der Kraftbedarf für die Beleuchtungsanlage in Beispiel 3 wurde zu rund 20 PS ermittelt. Während nun dort eine 25pferdige Gas- und Dynamomaschine vorgesehen wurden, sollen im vorliegenden Falle die Gaserzeugungsanlage und die Maschinen nur so gross ausgeführt werden, als für den genannten Bedarf erforderlich ist. Statt dessen sollen aber, da für die gesamte Stromerzeugungsanlage ein Flächenraum von 80 bis 90 *qm* erforderlich ist, noch die Kosten für einen einfachen Fachwerkbau von dieser Grösse hinzukommen, für den im Hofe der Druckerei ausreichender Raum ohne weitere Kosten zur Verfügung stehe.

Hiernach ergeben sich als

Anlagekosten.

	Mark
Fachwerkschuppen zur Aufnahme der gesamten Generatorgas- und Stromerzeugungsanlage, einschliesslich des Akkumulators. (Die Kosten für die Herstellung der Fundamente und den Gaserzeuger sind mit inbegriffen)	4000
Saug-Generatorgas-Anlage,[1]) zur Speisung eines Gasmotors von 20 PS effektiver Leistung ausreichend, folgende Teile umfassend: Generator nebst Anlass-Ventilator, Reiniger (Scrubber), kleinen Gassammler und vollständige Rohrleitung bis zum Reiniger	2100
1 Präzisions-Gasmotor, effektive Leistung 20 PS, mit schwerem Schwungrad und Aussenlager, mit elektrischer Zündung und mit allem Zubehör, Tourenzahl 200 pro Minute	6230
Sonstiges Zubehör (die übrigen Rohrleitungen, Geländer, Abdeckplatten usw.) sowie Montage der Generatorgas-Anlage und des Gasmotors	1000
1 Treibriemen	200
1 Nebenschluss-Dynamomaschine für 12 bis 13 Kilowatt bei rund 112 Volt, Tourenzahl 1000 pro Minute, Preis pro 1 Kilowatt 105 Mark	1315

---

der allmählich sinkenden Batteriespannung mit Hülfe des in dem Kostenanschlag aufgeführten Vorschaltwiderstandes (Hauptstromregulators) kann leicht durch eine der während der Nacht in der Druckerei beschäftigten Personen besorgt werden.

[1]) Die auf die Anlage- und Betriebskosten der Generatorgas-Anlage bezüglichen Angaben verdankt der Verfasser der Freundlichkeit der Gasmotoren-Fabrik Deutz in Köln-Deutz.

	Mark
Gleitschienen mit Riemenspannvorrichtung	70
1 Schalttafel (wie bei Beispiel 3)	650
2 Bogenlampen zum Aufhängen im Freien (wie ebenda)	180
2 Bogenlampen für Innenräume (desgl.)	140
Einfache Beleuchtungskörper für 200 Glühlampen (desgl.)	800
200 Glühlampen nebst Hahnfassungen	225
Leitungsmaterial und Zubehör, einschliesslich Sicherungen und Ausschalter	700
Akkumulatoren-Batterie von 62 Zellen, wie oben	2250
Zubehörteile zur Batterie (desgl.)	520
Für Montage des elektrischen Teiles der Anlage	850
Verpackung, Frachten, Unvorhergesehenes und zur Abrundung	970
Summe	22200

Für 1 installierte 16kerzige Glühlampe oder deren Äquivalent betragen somit die Anlagekosten im ganzen:

$$\frac{22200}{228} = 97{,}4 \text{ Mark.}$$

Betriebskosten.

a) Indirekte.

	Mark
Verzinsung des Anlagekapitals, 4% von 22200 Mark	888
Abschreibung für Gebäude, (30 Jahre) 1,783% von 4000 Mark	72
Abschreibung für die Kraftgasanlage, die Maschinen und Bogenlampen, (15 Jahre) 4,993% von 11235 Mark	561
Prämie und Abschreibung für die Akkumulatoren, 15% von 2250 Mark	338
Abschreibung für den Rest, (20 Jahre) 3,358% von 4715 Mark	158
Unterhaltung und Reparatur, mit Ausnahme der Akkumulatoren, 1½% von 19950 Mark	299
Summe	2316

b) Direkte.

Der Lichtkonsum der Anlage sei derselbe, wie im Beispiel 3 angenommen. Die Bedienung der Generatorgasanlage kann durch den Mann, der die Stromerzeugungsanlage besorgt, ohne weiteres mitgeschehen. Er möge, ebenso wie oben, 1260 Mark jährlich erhalten.

Wenn als Brennmaterial für den Generator und den Dampfkessel englischer Anthracit vorausgesetzt wird, so beträgt der Materialverbrauch für die Kraftgasanlage etwa:

Kohlenverbrauch für den Generator, bei voller Belastung der Gasmaschine, pro 1 PS und 1 Stunde 0,47 *kg*. Hierzu kommen 15% Zuschlag für Abbrand während der Nacht und wegen zeitweiser Minderbelastung. Zusammen 0,54 *kg* für 1 PS-Stunde.

Wasserverbrauch für den Reinigungsapparat, pro 1 PS-Stunde 0,01 *cbm*.

Der Preis des englischen Anthracits soll mit 3,00 Mark für 100 *kg* angenommen werden.

Unter Benutzung der bei Beispiel 3 berechneten Zahlen für die erforderliche jährliche Leistung des Gasmotors, sowie der Akkumulatoren ergibt sich nun:

	Mark
Kohlenverbrauch für 40200 PS-Stunden 21700 *kg* à 3,00 Mark, pro 100 *kg*	651
Schmier- und Putzmaterial, 0,5 Pfg. für 1 PS-Stunde	201
Wasserverbrauch: für den Gasreiniger 40201 × 0,01 = 402 *cbm*, Kühlwasser für den Gasmotor 40200 × 0,04 = 1608 *cbm*, zusammen rund 2010 *cbm*, à 10 Pfg.	201
Bogenlichtkohlen, wie in Beispiel 3	140
Glühlampenersatz, wie in Beispiel 3	343
Gehalt des Maschinisten, desgl.	1260
	2796
Dazu die indirekten Kosten	2316
Summe	5112

Hiernach kostet die Brennstunde einer 16kerzigen Glühlampe oder deren Äquivalent, bei im ganzen 411000 jährlichen Lampenbrennstunden,

$$\frac{5112 \times 100}{411000} = 1{,}25 \text{ Pfg.}$$

Zum Schlusse ist noch zu bemerken, dass die an sich schon recht niederen Kosten der in der beschriebenen Weise mittels Generatorgas erzeugten elektrischen Energie sich im vorliegenden Falle noch weiter dadurch vermindern liessen, dass man die Sauggasanlage etwas grösser ausführen und durch sie einen zweiten Gasmotor zum Betriebe der Druckerei speisen würde.

245. Beispiel 5. **25pferdige Bogenlichtanlage; Serienschaltung; Lokomobile; reiner Maschinenbetrieb.** Beleuchtung einer Bahnhofshalle durch 24 Differential-Bogenlampen von 11 Ampère. Die Lampen sollen in drei Reihen von je 8 hängen und auf 2 Stromkreise à 12 Lampen verteilt sein. Die zu einem Stromkreise gehörigen Lampen sind hintereinander geschaltet und erfordern zusammen eine Spannung von 12 × 50 = 600 Volt, wovon 10% in der Leitung verloren gehen können (vergl. **109**). Jeder Stromkreis wird durch eine besondere Dynamomaschine gespeist. Eine dritte, gleiche Dynamomaschine ist als Reserve vorhanden. Jede der 3 Maschinen leistet 600 × 11 = 6600 Watt und erfordert, bei einem Wirkungsgrade von 82% (wobei der Verlust durch Riemengleitung schon mitgerechnet ist), eine Betriebskraft von

$$\frac{6600}{736 \times 0{,}82} = \text{rund } 11 \text{PS},$$

2 Maschinen also 22 PS. Als Betriebsmaschine werde eine stationäre Lokomobile von 25 PS angenommen.

Bezüglich der Brennzeit der Lampen sollen 2 verschiedene Fälle berücksichtigt werden: a) die Lampen brennen von Dunkelwerden bis 12 Uhr nachts; b) die Beleuchtung dauert die ganze Nacht hindurch. Dabei sollen stets sämtliche Lampen gleichzeitig brennen. Es soll ferner auch der Fall behandelt werden, dass nur eine einzige Dynamomaschine von 600 Volt, aber 2 × 11 = 22 Ampère vorhanden sei und keine Reserve.

Die Maschinenstation sei rund 150 *m* von der Bahnhofshalle entfernt. Die gesamte Leitungslänge für jeden der beiden Stromkreise betrage rund 1000 *m*.

Für den zuerst angenommenen Fall, dass 3 Dynamomaschinen aufgestellt werden, betragen die

Anlagekosten:

	Mark
1 stationäre Compound-Lokomobile auf Tragfüssen, mit ausziehbarem Röhrenkessel, wie bei Beispiel 2, von 25 PS, Tourenzahl 120, mit Zubehör und Schornstein	10900
1 Transmission mit 1 Riemenscheibe zum Antrieb durch die Lokomobile, 3 Voll- und 3 Leerscheiben für die 3 Dynamomaschinen, mit Lagerböcken und 3 Ausrückvorrichtungen	700
1 Treibriemen à 240 Mark, 3 Riemen à 100 Mark	540
3 Serien-Dynamomaschinen, je für 600 Volt und 11 Ampère (6,6 Kilowatt), bei 1200 Touren. Preis pro 1 Kilowatt 125 Mark + 10% Aufschlag (weil Serienmaschinen für höhere Spannung, vergl. S. 583), gibt pro Maschine rund 900 Mark, zusammen	2700
3 Paar Gleitschienen mit Fundamentschrauben und Riemen-Spannvorrichtungen, à 50 Mark	150
1 Schalttafel, enthaltend: 3 Strommesser für etwa 11 Ampère; 1 Spannungsmesser für 600 Volt, nebst Umschalter mit 3 Kontaktpaaren; 3 zweipolige Hebelausschalter und 3 zweipolige Sicherungen für rund 20 Ampère; 2 Hauptstrom-Regulierwiderstände; 1 Generalumschalter für 3 Dynamomaschinen und 2 Stromkreise; 2 Blitzschutzvorrichtungen	550
24 Differential-Bogenlampen für 11 Ampère und 15 bis 16 Stunden Brenndauer, inkl. Glasglocke, Bekrönung und Aufzugvorrichtung mit Gegengewicht, à 140 Mark	3360

	Mark
Leitungsmaterial für 2 Stromkreise, bestehend aus rund 2000 *m* blankem Kupferdraht von 3 *mm* Durchmesser, etwa 150 Stück Porzellan-Isolatoren, Einführungstrichtern, leicht biegsamen und wohl isolierten Zuführungs-Kabeln für die Bogenlampen usw.	480
Montage	950
Für Fundamente zu den Maschinen, Verpackung, Frachten, Unvorhergesehenes und zur Abrundung	1170
Summe	21500

Wird statt 3 Dynamomaschinen, von denen 1 als Reserve dient, nur eine einzige grössere, ohne Reserve, aufgestellt, so muss diese Maschine 13,2 Kilowatt liefern. Die Transmission und 3 Riemen fallen weg, ebenso der Generalumschalter, 1 Strommesser, der Umschalter für den Spannungsmesser, 1 Hebelausschalter, 1 Sicherung.

Die Anlagekosten sind in diesem vereinfachten Falle:

	Mark
Lokomobile, wie oben	10900
1 Treibriemen	240
1 Serien-Dynamomaschine, 13,2 Kilowatt, 1000 Touren	1580
Gleitschienen mit Zubehör	70
1 Schalttafel, gegen die oben beschriebene in der genannten Weise vereinfacht	430
24 Bogenlampen, wie oben	3360
Leitungsmaterial, desgl.	480
Montage	850
Fundamente, Verpackung usw.	1090
	19000

Die Anlagekosten betragen hiernach pro installierte Bogenlampe von 11 Ampère (mittlere räumliche Lichtstärke unterhalb der Horizontalen, mit matter Glasglocke 700 bis 800 Kerzen).

a) bei Verwendung von 3 Dynamomaschinen, wovon 1 als Reserve, 21500 : 24 . . . . . **897 Mark**

b) bei Verwendung einer einzigen Dynamomaschine, ohne Reserve, 19000 : 24 . . . . . **792 Mark**

Betriebskosten.

1. Indirekte.

	Mark
Für Verzinsung, Abschreibungen (durchschnittlich in 15 Jahren) und Unterhaltung, im ganzen 11% des Anlagekapitals:	
a) bei 3 Dynamomaschinen	2365
b) bei 1 Dynamomaschine	2070

2. Direkte Betriebskosten.

Wie schon erwähnt, sollen die beiden Fälle berücksichtigt werden, dass der Betrieb um 12 Uhr nachts beendigt wird, bezw. dass er bis Tagesanbruch dauert. Im ersteren Falle ist die durchschnittliche tägliche Dauer des Betriebes im Jahresmittel 6 Stunden, im zweiten Falle 12 Stunden. Ausserdem erfordert das Anheizen des Kessels täglich 1 Stunde, das Einsetzen neuer Kohlen und die sonstige Wartung der Bogenlampen täglich 2 Stunden. Für Kesselreinigung sind im Jahre 100 Stunden in Ansatz zu bringen. Die Zeitdauer der letztgenannten Verrichtungen soll als gleichbleibend angenommen werden, ob nun die Lampen täglich im Mittel 6 oder 12 Stunden brennen. Der Kohlenpreis sei 2,00 Mark für 100 *kg*; das Speisewasser möge nichts kosten.

Danach ergeben sich als direkte Betriebskosten:

α) Wenn die tägliche Betriebsdauer im jährlichen Durchschnitt 6 Stunden beträgt:

Kohlenverbrauch. Der Wirkungsgrad der Dynamomaschinen ist zu im Mittel 82% angenommen, wobei der Arbeitsverlust durch die Riemenübertragung mit inbegriffen sein soll. Es sind ständig zu erzeugen 13200 Watt; also ist die erforderliche Betriebskraft 21,9, rund 22 PS. Die mittlere tägliche Arbeitsleistung der Dampfmaschine be-

trägt 6 × 22 = 132 PS-Stunden, im Jahre 365 × 132 = 48180 PS-Stunden. Der Kessel verbrauche pro 1 PS-Stunde im Mittel 2 *kg* Steinkohlen, ausserdem für jedesmaliges Anheizen 60 *kg*, gibt im Jahre 48180 × 2 + 365 × 60 = 118260 *kg* à 0,020 Mark . . . . Mark 2365
Schmier- und Putzmaterial, 0,5 Pfg. für 1 PS-Stunde 240
Der Maschinist (zugleich Heizer) erhält, für täglich 6 Betriebsstunden, 1 Stunde Anheizen, 2 Stunden Wartung der Bogenlampen und jährlich 100 Stunden Kesselreinigung, zusammen im Jahre 9 × 365 + 100 = 3400 Stunden, à 0,40 Mark 1360
Verbrauch an Lichtkohlen. Die Zahl der jährlichen Bogenlampen-Brennstunden ist 24 × 6 × 365 = 52600. Bei 11 Ampère verbrennen pro Stunde und Lampe für etwa 2,0 Pfg. Kohlenstifte, jährlich also für 52600 × 0,020 = 1052 Mark, was mit Rücksicht auf Bruch und nicht ganz ausgenutzte Stifte abgerundet wird auf . . 1135
5100

β) Brennen die Lampen die ganze Nacht hindurch, so ist die tägliche Brenndauer im Jahresmittel 12 Stunden und es stellen sich die direkten Betriebskosten, auf dieselbe Art berechnet wie oben, folgendermassen:

Kohlenverbrauch, da die Zahl der jährlich zu leistenden PS-Stunden um 48180 grösser, der Verbrauch für Anheizen dagegen nicht gestiegen ist . . . . Mark 4292
Für Schmier- und Putzmaterial 500
Gehalt des Maschinisten, bezw. zweier solcher, welche abwechselnd den Dienst versehen, wenn die Stunde Arbeitszeit von 12 Uhr nachts bis Tagesanbruch mit 0,50 Mark bezahlt wird, 1360 + 1100 . . . 2460
Verbrauch an Lichtkohlen, etwa doppelt so viel wie im ersten Falle 2278
9530

Es stellen sich somit die gesamten Betriebskosten (direkte plus indirekte) für die 4 hier behandelten Fälle folgendermassen:

	3 Dynamomaschinen, wovon 1 Reserve	1 Dynamomaschine, keine Reserve
Lampen brennen bis 12 Uhr nachts	7465 Mark	7170 Mark
Lampen brennen die ganze Nacht	11895 »	11600 »

Wenn die Beleuchtung bis 12 Uhr nachts dauert, so brennt jede Bogenlampe im Jahre 6 × 365 = 2190 Stunden. Wird bis Tagesanbruch Licht gegeben, so beträgt die jährliche Brenndauer jeder Lampe das Doppelte, 4380 Stunden. In diesen beiden Fällen betragen die Kosten von 1 Brennstunde einer Bogenlampe von 11 Ampère:

	3 Dynamomaschinen, wovon 1 Reserve	1 Dynamomaschine, keine Reserve
Jährliche Brenndauer 2190 Stunden	14,2 Pfg.	13,6 Pfg.
Jährliche Brenndauer 4380 Stunden	11,3 »	11,0 »

Die auf 1 Lampenbrennstunde ausgeschlagenen Erzeugungskosten des Lichtes sind somit von der Zahl der jährlichen Brennstunden sehr wesentlich abhängig, durch den Umstand dagegen, ob eine einzige Dynamomaschine ohne Reserve, oder aber zwei Maschinen mit einer dritten als Reserve den Strom liefern, nur wenig beeinflusst. Man wird deswegen, im Interesse der grösseren Betriebssicherheit, die letztere Anordnung vorziehen.

246. Beispiel 6. **35pferdige Glühlichtanlage; Dampfmaschine, kein besonderer Kessel nötig; reiner Maschinenbetrieb.** Es sei eine Fabrik zu beleuchten, im wesentlichen durch Glühlicht. Der Stromverbrauch

bei vollem Betriebe entspreche demjenigen von 400 Glühlampen à 16 Kerzen, doch seien 6 Bogenlampen von 6 Ampère zur Beleuchtung des Hofes und eines grösseren Saales vorhanden. Die Kostenberechnung soll jedoch so durchgeführt werden, als ob ausschliesslich Glühlampen installiert wären, da das Endresultat bei Berücksichtigung der durch die Bogenlampen bedingten besonderen Verhältnisse nicht wesentlich anders ausfällt.

Es ist reiner Maschinenbetrieb angenommen, unter der Voraussetzung, dass die für die Betriebsmaschine der Fabrik vorhandene Kesselanlage gross genug sei, um noch den für den Betrieb der Beleuchtungsanlage erforderlichen Dampf mit erzeugen zu können. Es fallen dann die Anlagekosten für einen besonderen Kessel und die Verzinsung und Tilgung des bezüglichen Kapitales fort.

Den Strom liefere eine Dynamomaschine, welche mit einer nur zu diesem Zwecke vorhandenen, schnelllaufenden Dampfmaschine direkt gekuppelt ist. Die Spannung an den Lampen sei 105 Volt; in den Leitungen mögen etwa 2% Spannungsverlust stattfinden. Die Bogenlampen werden zu je 2 hintereinander geschaltet.

Die Fabrik sei Sommer und Winter von morgens $6^1/_2$ bis abends $7^1/_2$ Uhr an den Werktagen in Betrieb. Beleuchtung ist erforderlich nur in der Zeit vom 15. August bis 15. Mai abends von Dunkelwerden bis $7^1/_2$ Uhr, ausserdem vom 15. Oktober bis 1. März morgens von $6^1/_2$ Uhr bis zum Hellwerden. Die Abendbeleuchtung ist also jährlich an etwa 225 Tagen im Betrieb, im Mittel 2 Stunden pro Tag. Die Morgenbeleuchtung ist erforderlich an etwa 115 Tagen, im Mittel 1 Stunde lang. Während der angegebenen Beleuchtungszeiten sollen stets sämtliche installierte Lampen brennen. Die Zahl der Stunden, während welcher die Beleuchtung im Jahre im Betrieb ist, beträgt hiernach 565.

Das vorhandene Maschinenpersonal soll die Wartung der Beleuchtungsanlage mitbesorgen.

Anlagekosten.

	Mark
1 Dampf-Dynamomaschine mit stehender Compound-Dampfmaschine, Leistung der Dynamomaschine $400 \times 53 \times 1{,}02 =$ rund 22000 Watt, erforderliche Leistung der Dampfmaschine — den Wirkungsgrad der Dynamomaschine zu 87% angenommen — 34,4 PS. Tourenzahl 320. Preis pro 1 Kilowatt 440 Mark, im ganzen also (vorausgesetzt, dass gerade diese Modellgrösse fabriziert wird) 9700 Mark, was unter der Annahme, dass nur ein etwas grösseres Modell existiert, abgerundet werden mag auf .	10000
1 Schalttafel, enthaltend: 1 Spannungsmesser, 1 Strommesser für 200 A, 1 Spannungswecker, 1 Nebenschlussregulator, 1 zweipoligen Ausschalter und eine zweipolige Sicherung, je für 200 A; ferner die nötigen einpoligen Ausschalter und zweipoligen Sicherungen für 8 getrennte Stromkreise, 1 Paar Hauptschienen, 1 einfachen Erdschlussanzeiger	550
Beleuchtungskörper für ein Äquivalent von 400 Glühlampen (stark zerteilte Beleuchtung) in einfachster Ausführung	1200
400 Glühlampen, à 0,30 Mark, nebst 400 Fassungen ohne Ausschalter	320
Für Leitungsmaterial und Zubehör, einschliesslich Sicherungen und Ausschalter (letztere in nur mässiger Zahl erforderlich) .	1600
Für Montage	1000
Für Fundamentierung der Maschinen, Verpackung, Frachten, Unvorhergesehenes und zur Abrundung	830
Summe	15500

Es betragen somit die Anlagekosten pro 1 installierte Glühlampe, wenn alle Teile der Anlage zugerechnet werden, **38,75 Mark.** Ohne **Maschinen** und Schalttafel kostet die installierte Glühlampe (Montage zu 800 **Mark**, Verpackung usw. zu 380 Mark angesetzt) etwa **10,75 Mark.**

Betriebskosten.

	Mark
a) Indirekte. Für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals sowie Unterhaltung, zusammen 12%	1860
b) Direkte. Für jede PS-Stunde, welche die zum Betriebe der Dynamomaschine dienende Dampfmaschine liefert, betrage der Mehr-Kohlenverbrauch in der vorhandenen Kesselanlage 2,2 *kg*. Der Kohlenpreis sei wiederum 2,00 Mark für 100 *kg*.	
Danach ergibt sich:	
Kohlenverbrauch in 565 × 34,4 = 19 500 PS-Stunden 43 000 *kg* à 2 Mark	860
Schmier- und Putzmaterial, 0,5 Pfg. für 1 PS-Stunde, bei 19 500 PS-Stunden rund	100
Glühlampenersatz. Die Zahl der Glühlampen-Brennstunden ist im Jahre 565 × 400 = 226 000. Die durchschnittliche Lebensdauer einer Lampe zu 300 Brennstunden angenommen, sind als Ersatz erforderlich 753 Stück, à 0,30 Mark	226
	1186
Dazu die indirekten Kosten	1860
Summe	3046

Kosten von 1 Glühlampen-Brennstunde, bei jährlich 565 Brennstunden pro Lampe, $\frac{304\,600}{226\,000}$ 1,35 Pfg.

Wird die Zahl der jährlichen Brennstunden doppelt so gross (1130), so steigen die direkten Betriebskosten auf das Doppelte und es kostet 1 Brennstunde nur noch 0,94 Pfg.

247. Beispiel 7. **50pferdige Generatorgas-Anlage mit Akkumulatoren-Betrieb.** Ein neu zu erbauendes Warenhaus soll elektrische Beleuchtung erhalten. Der Besitzer entschliesst sich mit Rücksicht auf den bedeutenden Gesamtkonsum und auf die vorauszusetzende lange Jahresbrenndauer der einzelnen Lampen zur eigenen Erzeugung der elektrischen Energie. Um möglichst geringe Betriebskosten zu erzielen und die Errichtung eines besonderen Maschinenschuppens (wozu der Platz fehlt) zu vermeiden, ist eine Saug-Generatorgas-Anlage vorgesehen, die im Keller untergebracht werden kann.

Es werden installiert:	Energieverbrauch Watt
Im Freien vor der Façade:	
10 Dauerbrand-Bogenlampen von je 4 Ampère, einzeln zu schalten. Energieverbrauch bei 110 Volt pro Lampe 440 Watt, im ganzen	4400
10 Flammenbogenlampen für 8 Ampère, paarweise hintereinander geschaltet. Energieverbrauch pro Paar bei 110 Volt: 880 Watt, im ganzen	4400
In den Innenräumen:	
10 gewöhnliche Bogenlampen à 8 Ampère, zu je zweien hintereinander geschaltet. Energieverbrauch 5 × 880 = ...	4400
500 Glühlampen von durschnittlich 16 Kerzen, wovon 320 in Schaufenstern, 180 in Innenräumen. Energieverbrauch, bei 53 Watt pro Lampe	26500
Hierzu 2% Energieverlust in den Leitungen	800
Beim Brennen aller Lampen sind zu erzeugen	40500

Zur abendlichen Betriebszeit brennen während des grössten Teiles des Jahres in den Innenräumen 400 Glühlampen und die 10 Bogenlampen, aussen die Flammenbogenlampen. In der Zeit vom 1. bis 24. Dezember kommen allabendlich von Dunkelwerden bis 8 Uhr noch hinzu 100 Glühlampen, welche zu besonderen Dekorationsstücken in den Schaufenstern benutzt werden, sowie die hoch oben an der Façade und auf dem Dache angebrachten 10 Dauerbrandlampen. Ebenso brennt die volle Beleuchtung an jedem Sonnabend in der Zeit vom 1. Oktober bis 1. Dezember und vom 1. Januar bis 1. März von Dunkelwerden bis 8 Uhr.

Das Geschäft wird um 9 Uhr abends für das Publikum geschlossen. Damit erlöschen sämtliche Bogenlampen vor der Façade und der grössere Teil der Beleuchtung im Inneren. Für die Aufräumungs- und andere Arbeiten brennen noch 4 Bogenlampen und 30 Glühlampen bis 10 Uhr. Die ganze Nacht hindurch bleibt eine Notbeleuchtung von 8 Glühlampen für den Wächter usw. in Betrieb. In der Frühe brennen im Winterhalbjahr, soweit erforderlich, von 7 bis 8 Uhr 40 Glühlampen für die Reinigungsarbeiten, von 8 Uhr bis zum Hellwerden (an den kürzesten Tagen bis 9 Uhr) 4 Bogenlampen und 80 Glühlampen. Tagsüber müssen das ganze Jahr hindurch 30 Glühlampen zur Beleuchtung einiger halbdunkler Comptoir- und Nebenräume, sowie des Maschinenraumes brennen.

An Sonn- und Feiertagen ist das Warenhaus geschlossen, mit Ausnahme der Zeit vom 1. bis 24. Dezember, wo Sonntags derselbe Betrieb wie an Werktagen stattfindet.

Die von dem 50 pferdigen Gasmotor angetriebene Dynamomaschine soll die gewöhnliche, aus 20 Bogenlampen von 8 Ampère und 400 Glühlampen von 16 Kerzen bestehende Abendbeleuchtung allein speisen. Die zu gewissen Zeiten darüber hinaus erforderlichen 10 Dauerbrandlampen von 4 Ampère und 100 Glühlampen übernimmt der Akkumulator. Da ferner der Maschinenbetrieb stets um 9 Uhr abends aufhören soll, so hat die Batterie ausserdem die von da ab bis zum Hellwerden, spätestens aber bis 8 Uhr morgens brennenden Lampen zu speisen. An den Tagen, an welchen der Akkumulator abends den Strom für 10 Bogen- und 100 Glühlampen zu liefern hat, beginnt am anderen Morgen um 8 Uhr der Maschinenbetrieb. Zu allen übrigen Zeiten speist die Batterie auch die Tagesbeleuchtung bis zu der Zeit, wo die Maschine zum Zwecke der Ladung in Betrieb gesetzt werden muss. Dies geschieht im November und Januar etwa um 1 Uhr nachmittags, im September und März etwa um 3 Uhr, in den Sommermonaten noch später.

Hiernach hat die Batterie im Maximum (im Dezember) zu speisen:

10 Bogenlampen, einzeln mit 4 Ampère brennend, und 100 Glühlampen à 0,50 Ampère von 4 bis 8 Uhr, also 4 Stunden lang. Dies sind

$$4 \times 10 \times 4 + 4 \times 100 \times 0{,}5 = 360 \text{ Ampère-Stunden.}$$

Ferner 4 Bogenlampen, zu je zweien in Serie mit 8 Ampère brennend, und 30 Glühlampen à 0,5 Ampère von 9 bis 10 Uhr abends. Dies sind

$$2 \times 8 + 30 \times 0{,}5 = 31 \text{ Ampère-Stunden.}$$

8 Glühlampen à 0,5 Ampère von 10 Uhr abends bis 7 Uhr früh, 9 Stunden lang. $9 \times 8 \times 0{,}5 = 36$ Ampère-Stunden.

40 Glühlampen à 0,5 Ampère von 7 bis 8 Uhr morgens. $40 \times 0{,}5 = 20$ Ampère-Stunden.

Dies sind zusammen:

$$360 + 31 + 36 + 20 = 447 \text{ Ampère-Stunden.}$$

Um noch etwas Spielraum für den Fall aussergewöhnlicher Inanspruchnahme und für kleine Erweiterungen der Anlage zu haben, werde eine Batterie aus 62 Zellen von 500 Ampère-Stunden Kapazität bei Entladung in 3 Stunden aufgestellt. Diese Batterie kann dann bei Entladung in 7 Stunden etwa 615, bei Entladung in 10 Stunden etwa 675 Ampère-Stunden abgeben und reicht daher, wie sich leicht nachweisen lässt, auch für alle anderen vorgesehenen Fälle des Betriebes aus.

Der Gasmotor reicht aus zum Betriebe einer Dynamomaschine, deren Leistung bei einem Wirkungsgrade von 87% beträgt:

$$50 \times 736 \times 0{,}87 = 32000 \text{ Watt.}$$

Dabei ist direkte Kupplung vorausgesetzt und diese soll auch, um möglichst an Raum zu sparen, angewendet werden.

Die Beleuchtungskörper in den Verkaufsräumen, sowie alle Bogenlampen sollen elegante Ausstattung erhalten. Die Verlegung der Leitungen geschehe durchweg in Isolierrohren, von denen ein Drittel mit Messingüberzug versehen sind.

Auf Grund dieser Unterlagen betragen die

Anlagekosten:

	Mark
Saug-Generatorgas-Anlage,[1]) ausreichend für die Speisung eines Gasmotors von 50 PS effektiver Leistung, bestehend aus dem Generator nebst Anlass-Ventilator, dem Reiniger (Scrubber), kleinem Gassammler und der vollständigen Rohrleitung bis zum Reiniger . .	3300
1 **Präzisions-Gasmotor** von 50 PS bei 190 Touren pro Minute, mit schweren Schwungrädern, eingerichtet zur direkten Kupplung mit der Dynamomaschine, mit elektrischer Zündung und mit vollständigem Zubehör	12000
Sonstiges **Zubehör** (die übrigen Rohrleitungen, Geländer, Abdeckplatten usw.) sowie **Montage** der Generatorgas-Anlage und des Gasmotors	1500
1 **Nebenschluss-Dynamomaschine,** Leistung 32 Kilowatt und zwar entweder 285 Ampère bei 112 Volt oder 188 Ampère bei 170 Volt, Tourenzahl 190 pro Minute eingerichtet für direkte Kupplung, jedoch mit 2 Lagern	5500
1 elastische isolierende **Bandkuppelung nach Zodel-Voith**	250
62 **Akkumulatorzellen,** Kapazität 500 Ampère-Stunden bei Entladung in 3 Stunden, höchster zulässiger Ladestrom 165 Ampère. Der Preis pro Zelle und 1Ampère-Stunde beträgt 15,5 Pfg. (vergl. Tabelle 60). Die Batterie kostet daher $62 \times 500 \times 0{,}155 =$	4800
Zubehör zur Batterie (Balkengestell, Isolatorfüsse, Polschuhe, Kupferbügel, Schwefelsäure, Verpackung)	810
1 **Schalttafel,** enthaltend: 1 Nebenschlussregulator, 1 Spannungsmesser bis 180 Volt, 2 Strommesser bis 300 bezw. bis 180 Ampère, 1 selbsttätigen Minimalausschalter für 300 Ampère, 1 Handdoppelzellenschalter mit 21 Kontakten für 200 Ampère, 1 Stromrichtungszeiger, 1 einpoligen Ladeumschalter für 300 Ampère, 1 einpoligen Hebelausschalter für 300 Ampère, 1 zweipolige Sicherung für 300 Ampère, eine ebensolche für 200 Ampère, 10 zweipolige Sicherungen und 10 zweipolige Ausschalter für die von den Sammelschienen abzweigenden Zuleitungen zu den Verteilungstafeln, für durchschnittlich 35 bis 40 Ampère, 1 Spannungswecker, 1 Erdschlussanzeiger, 1 Blitzschutzvorrichtung, 2 Wandarme für Glühlampen	1400
10 **Dauerbrand-Bogenlampen** für 4 Ampère, zum Einzelschalten bei 110 Volt, Vorschaltwiderstand im Gehäuse, mit Armatur zur Verwendung im Freien, nebst Wandarm und Aufzugvorrichtung, elegante Ausstattung, à 150 Mark	1500
10 **Flammenbogenlampen** für 8 Ampère, zum paarweisen Schalten bei 110 Volt, mit Armatur zur Verwendung im Freien, nebst Wandarm und Aufzugvorrichtung, elegante Ausstattung, à 160 Mark .	1600
10 **gewöhnliche Nebenschluss-Bogenlampen** für 8 Ampère, paarweise bei 110 Volt in Serie zu schalten, mit Armatur zur Verwendung in Innenräumen, nebst Aufzugvorrichtungen mit Gegengewicht, elegante Ausstattung, à 85 Mark	850
Beleuchtungskörper für 500 Glühlampen einschliesslich Fassungen. Von den Glühlampen werden 220 in Schaufenstern einzeln mit Hohlglas-Reflektoren installiert, 100 finden in den Schaufenstern für wechselnde Dekorationen Verwendung und sind zum Teil an effektvollen Beleuchtungskörpern montiert, zum Teil nur mit Überglocken versehen. 90 Lampen sitzen in den Verkaufsräumen an eleganten Kronleuchtern und Wandarmen, der Rest ist in den Comptoirs und Nebenräumen installiert. Die Kosten sämtlicher Beleuchtungskörper betragen zusammen	5000

[1]) Die auf die Anlage-, und Betriebskosten der Generatorgas-Anlage bezüglichen Angaben verdankt der Verfasser der Freundlichkeit der **Gasmotorenfabrik Deutz** in Köln-Deutz.

	Mark
500 Glühlampen, à 0,30 Mark	150
10 Vorschaltwiderstände für Bogenlampen, à 12 Mark	120
10 Verteilungstafeln, wovon 3 für die Bogenlampen, 7 für Glühlicht, nebst Sicherungen, à 35 Mark	350
Für Leitungsmaterial und Zubehör, einschliesslich der Ausschalter (die Leitungen sollen in den Innenräumen durchweg in Isolierrohren, zum Teil mit Messingüberzug, verlegt werden)	4000
Für Montage, mit Ausnahme der Generatorgas-Anlage und des Gasmotors	2800
Für Fundamentierung der Maschinen, Verpackung, Frachten, Unvorhergesehenes und zur Abrundung	2070
	48000

Rechnet man jede Bogenlampe zu 10 Glühlampen, so betragen die Anlagekosten pro 1 installierte Glühlampe

$$\frac{48000}{800} = 60{,}00 \text{ Mark.}$$

Ohne die Stromerzeugungsanlage und die Hauptschalttafel kostet die installierte Glühlampe, wenn die Montage zu 2200 Mark, Verpackung usw. zu 1230 Mark gerechnet wird,

$$\frac{17000}{800} = 21{,}25 \text{ Mark.}$$

Betriebskosten.

a) Indirekte.

	Mark
Verzinsung des Anlagekapitals, 4% von 48000 Mark	1920
Abschreibungen: Generatorgas-Anlage und alle Maschinen mit Zubehör (in 15 Jahren) 4,993% von 22550 Mark = rund 1130 Mark; Bogenlampen nebst Zubehör (in 10 Jahren) 8,329% von 4070 Mark = rund 340 Mark; vom Übrigen, mit Ausnahme der Akkumulatoren (in ca. 17 Jahren) 4,3% von 15770 Mark = rund 680 Mark, Zusammen	2150
Für Unterhaltung und Reparatur, mit Ausnahme der Akkumulatoren, $1^1/_2$% von ca. 43000 Mark	650
Prämie für Versicherung der Akkumulatoren-Batterie, 10% von 4800 Mark	480
Abschreibung auf die Batterie (zur grösseren Sicherheit) 5% von 4800 Mark	240
Gehalt des (fest angestellten) Betriebswärters	1500
Summe	6940

b) Direkte Betriebskosten.

Bei Aufstellung der Betriebskosten soll vorausgesetzt werden, dass das Warenhaus in flottem Betriebe sei, sodass die für die verschiedenen Tages- und Jahreszeiten vorgesehene Beleuchtung jedesmal mit sämtlichen zugehörigen Lampen benutzt werde. Hiernach ergibt sich die jährliche Brenndauer der verschiedenartigen Lampen, sowie der Verbrauch an elektrischer Energie folgendermassen.

	Jährliche Brenndauer pro Lampe, Stunden	Energieverbrauch aller gleichzeitig brennenden Lampen, Kilowatt-Stunden
10 Dauerbrandlampen à 4 Ampère, vor der Façade . .	192	845
10 Flammenbogenlampen vor der Façade und 10 gewöhnliche Bogenlampen im Inneren, sämtlich von 8 Ampère, von Dunkelwerden bis abends 9 Uhr brennend . .	930	8184
4 von den innen installierten Bogenlampen in den Zeiten abends von 9 bis 10 und morgens von 8 Uhr bis zum Hellwerden	385	169

	Jährliche Brenndauer pro Lampe, Stunden	Energieverbrauch aller gleichzeitig brennenden Lampen, Kilowatt-Stunden
400 Glühlampen von durchschnittlich 16 Kerzen die das ganze Jahr während der abendlichen Geschäftszeit brennen	930	19 710
100 Glühlampen (à 16 Kerzen) die vom 1. bis 24 Dez. allabendlich, im Oktober, November, Januar und Februar nur Sonnabends brennen	192	1017
30 Glühlampen, am Abende jedes Geschäftstages von 9 bis 10 Uhr brennend	310	493
80 Glühlampen, die im Winter morgens von 8 Uhr bis zum Hellwerden brennen	75	318
30 Glühlampen zur Beleuchtung von Comptoir- und Nebenräumen, an jedem Geschäftstage von morgens 8 bis abends 9 Uhr brennend	4030	6408
8 Glühlampen zur Notbeleuchtung, sind an allen Tagen des Jahres von abends 10 Uhr bis zum Hellwerden, spätestens bis 8 Uhr morgens im Betriebe	2950	1252
	Zusammen	38396

Zu dem an den Lampen erforderlichen jährlichen Energiebetrage von 38 396 Kilowatt- Stunden kommen noch 2% durchschnittlicher Verlust in den Leitungen, sodass die Stromerzeugungsanlage im Jahre 39 180 Kilowatt-Stunden zu liefern hat.

Nach den Seite 622 gegebenen Unterlagen übernimmt hiervon die Dynamomaschine 31 220 Kilowatt-Stunden, den Rest von 7960 Kilowatt-Stunden die Batterie. Nimmt man für diese einen auf die Energiemengen bezogenen Wirkungsgrad von 75% an, so sind zur Ladung der Batterie erforderlich

$$\frac{7980}{0,75} = 10\,640 \text{ Kilowatt-Stunden.}$$

Die Dynamomaschine hat daher im ganzen zu liefern

$$31\,220 + 10\,640 = 41\,860 \text{ Kilowatt-Stunden.}$$

Da sie etwa ein Viertel dieser Leistung bei einer wesentlich geringeren als der vollen Belastung zu erzeugen hat, so soll als **durchschnittlicher** Wirkungsgrad nur 0,85 angenommen werden. Demgemäss hat der Gasmotor der mit ihm direkt gekuppelten Dynamomaschine zuzuführen:

$$\frac{41\,860}{0,736 \times 0,85} = 67\,000 \text{ Pferdekraftstunden.}$$

Die Saug-Generatorgas-Anlage verbraucht nach den Angaben der »Gasmotoren-Fabrik Deutz«, für jede von dem vollbelasteten Gasmotor abgegebene Pferdekraftstunde 0,38 *kg* englischen Anthracit. Bei teilweise geringerer Belastung und wegen des Abbrandes in der Zeit, in welcher der Maschinenbetrieb ruht, sind jedoch im Jahresdurchschnitt 0,44 *kg* für 1 PS-Stunde zu rechnen.

Hiernach stellen sich nun die direkten Betriebskosten wie folgt:

	Mark
Kohlenverbrauch für die Erzeugung von 67 000 PS-Stunden, bei 0,44 *kg* pro 1 PS-Stunde: 0,44 × 67 000 = 29 480 *kg*. Preis des englischen Anthracits 3,00 Mark pro 100 *kg*	885
Schmier- und Putzmaterial, 0,5 Pfg. für 1 PS-Stunde	335
Wasserverbrauch: für den Gasreiniger 67 000 × 0,01 = 670 *cbm*, Kühlwasser für den Gasmotor 67 000 × 0,04 = 2680 *cbm*, zusammen 3350 *cbm*, à 10 Pfg.	335
Bogenlichtkohlen und zwar für die **gewöhnlichen Bogenlampen** von 8 Ampère bei 10 840 Brennstunden à 1,6 Pfg. 173 Mark, was mit Rücksicht auf Bruch und nicht ganz ausgenutzte Stifte abgerundet wird auf	200
für die **Flammenbogenlampen** von 8 Ampère, bei 9300 Brennstunden à 3,5 Pfg. 326 Mark abgerundet wie oben auf	400

	Mark
für die Dauerbrandlampen von 4 Ampère, bei Annahme einer Dauer von 100 Stunden pro Kohlenpaar und 1920 Brennstunden, abgerundet wie oben auf	10
Glühlampenersatz. Die Zahl der jährlichen Glühlampen-Brennstunden ergibt sich nach den obigen Unterlagen zu 551 000. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 300 Brennstunden sind daher zum Ersatz erforderlich 551 000 : 300 = 1840 Lampen à 0,30 Mark . .	551
	2716
Dazu die indirekten Kosten	6940
	9656

Hiernach betragen die Kosten von 1 Glühlampen-Brennstunde (wenn für jede von Bogenlampen verbrauchte Ampère-Stunde bei 110 Volt 2 Glühlampen-Brennstunden gerechnet werden), bei im Durchschnitt jährlich 983 Brennstunden pro Lampe

$$\frac{9656 \times 100}{727400} = 1{,}33 \text{ Pfg.}$$

248. Beispiel 8. **Blockstation mit Dampfmaschinen. Akkumulatorenbetrieb in reiner Parallelschaltung.** In diesem Beispiele soll die Kostenberechnung einer sogenannten Blockanlage zur Versorgung eines Häuserblockes mit Strom ausgeführt werden. Die Stromquellen sollen imstande sein, 1400 gleichzeitig brennende Glühlampen à 16 Kerzen oder deren Äquivalent zu speisen. Eine Akkumulatorenbatterie ist vorgesehen, von solcher Grösse, dass sie imstande ist, die Hälfte der Gesamtleistung 3 Stunden lang zu übernehmen. Sie soll mit den Dynamomaschinen in reinem Parallelbetriebe arbeiten. Die Maschinenanlage bestehe aus zwei gleich grossen Dampf-Dynamomaschinen.

Der Häuserblock möge in der besten Geschäftslage einer grösseren Stadt liegen, sodass auf verhältnismässig kleinem Raume viel Licht gebraucht wird. Es sollen zu den zu beleuchtenden Objekten gehören: mehrere grössere Restaurationen, ein Café, ein Hotel, ein Konzertlokal, eine Anzahl grosser Ladengeschäfte, zahlreiche kleinere Läden, einige Kellerlokale, Comptoirs von Engros-Geschäften, sowie Privatwohnungen. Die Entfernungen der Verbrauchsstellen von der Maschinenstation seien klein genug, dass die Leitungsanlage nach dem Zweileitersystem ausgeführt und Fernspannungsregulierung entbehrt werden kann. Von der Station aus laufen eine Anzahl Speiseleitungen, an welche sich nahe den Grundstücken der einzelnen Abnehmer Verteilungsleitungen anschliessen. Die Hauptleitungen, einschliesslich der sogenannten Hausanschlüsse, gehören dem Unternehmer der Anlage, während die Hausinstallationen auf Kosten der Konsumenten eingerichtet werden. Sämtliche Leitungen können oberirdisch geführt werden. Die Berechnung des gelieferten Stromes geschieht nach Kilowattstunden, welche durch Elektricitätszähler ermittelt werden. Die Zähler gehören dem Unternehmer; die Abnehmer zahlen dafür Miete. Es wird Tag und Nacht Strom geliefert.

Durch vorher angestellte genaue Erhebungen ist festgestellt, dass niemals mehr als 1400 Glühlampen (bezw. deren Äquivalent) gleichzeitig brennen werden. Installiert sind dagegen beträchtlich mehr Lampen. Der Stromverbrauch zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten stelle sich folgendermassen:

Zur Zeit der kürzesten Tage brennen von 4 bis 6 Uhr nachmittags durchschnittlich 800 Lampen; von 6 bis 8 Uhr ist der grösste Stromverbrauch mit etwa 1400 Lampen. Um 8 Uhr wird der grössere Teil der Ladengeschäfte und Comptoirs geschlossen, sodass dann von 8 bis 10 Uhr, und zwar das ganze Jahr hindurch, etwa 950 Lampen (oder deren Äquivalent) brennen. Um 10 Uhr werden alle bis dahin noch offenen Läden geschlossen, und es verbrauchen von da ab Strom nur noch die Restaurationen, Café, Hotel, Konzertlokale und Privatwohnungen. Der Stromverbrauch von 10 bis 11 Uhr entspreche im Mittel 800 Lampen. Um 11 Uhr schliesst das Konzertlokal, und es sollen von 11 Uhr bis 1 Uhr nachts durchschnittlich noch 550 Lampen brennen. Um 1 Uhr herum schliessen auch die Restaurationen, und es brennen von 1 bis 3 Uhr noch im

Durchschnitt 200 Lampen. Nachdem um 3 Uhr auch das Café geschlossen ist, mögen von da ab bis Tagesanbruch noch im Mittel 50 Lampen Strom konsumieren. Im Winter brennen früh bis $8^1/_2$ Uhr morgens, im Mittel $1^1/_2$ Stunden lang, wieder durchschnittlich 300 Lampen. Die Tagesbeleuchtung endlich, vom völligen Hellwerden bis Sonnenuntergang (in düsteren Comptoirs, Küchen, Kellern usw.) betrage 80 Lampen.

Nach dieser Aufstellung beträgt der in Glühlampen-Brennstunden (16 kerzige Lampen) ausgedrückte Stromverbrauch an den kürzesten Wintertagen rund 10000, an den längsten Sommertagen dagegen nur etwa 5000 Lampenstunden. Im Jahresmittel sind also täglich 7500 Lampenstunden zu liefern. Dieser volle Betrieb sei im Jahre nur an 300 (Werk-)Tagen. An den etwa 65 Sonn- und Festtagen ist ein Teil der Läden, Comptoirs usw. geschlossen. Es betrage an diesen Tagen der durchschnittliche jährliche Verbrauch nur 6000 Lampenstunden.

Die Akkumulatoren-Batterie soll stets möglichst ganz ausgenutzt werden. Sie kann, wie angenommen, bei voller Beanspruchung 700 Lampen 3 Stunden lang mit Strom versorgen. Ihre Leistungsfähigkeit entspricht somit 2100 Lampenstunden. Da die Batterie jedoch einen beträchtlichen Teil ihrer Ladung bei geringerer als der maximalen Stromstärke abgibt, so kann sie tatsächlich noch mehr leisten. Es sei jedoch angenommen, dass sie das ganze Jahr hindurch im Mittel täglich die elektrische Arbeit für 2100 Lampenstunden liefere. Es soll für die Batterie ein Wirkungsgrad bezüglich der elektrischen Arbeitsleistung (Wattstunden) von 70% angenommen werden, unter der Voraussetzung, dass sie zu Zeiten geladen werde, in welchen die Dynamomaschinen nur wenig Strom direkt in die Verbrauchsleitung abzugeben haben. Dann haben also die Dynamomaschinen bei Ladung der Akkumulatoren etwa 43% mehr an elektrischer Arbeit zu leisten, als aus den letzteren wieder herauskommt. Folglich ist der Batterie täglich ein elektrischer Arbeitsbetrag von gerade 3000 Lampenstunden zuzuführen (wenn von dem Verluste in den Verbrauchsleitungen zunächst abgesehen wird).[1]

Die Dynamomaschinen müssen somit im Jahresmittel täglich eine elektrische Arbeitsmenge liefern, welche entspricht: an 300 Tagen $7500 - 2100 + 3000 = 8400$ Lampenstunden, an den übrigen 65 Tagen durchschnittlich $6000 - 2100 + 3000 = 6900$ Lampenstunden. Die genannten Beträge werden in den Lampen tatsächlich verbraucht. Von der Stromquelle bis zu den Lampen möge ausserdem ein Spannungsverlust von durchschnittlich 2,5% statthaben. Also sind die im ganzen zu erzeugenden Energiemengen noch um etwa 2,5% grösser und betragen im Jahresdurchschnitt täglich rund 8600 bezw. 7100 Lampenstunden

An den kürzesten Tagen werden, wie erwähnt, 10000 Lampenstunden verbraucht; also haben die Dynamomaschinen zu leisten 10900 (wegen des Verlustes in den Akkumulatoren) und noch etwa 2,5% mehr wegen des Verlustes in den Leitungen, zusammen also 11150 Lampenstunden. Beide Maschinen sollen zusammen normal einen Strom liefern, der für 750 Lampen ausreicht. Folglich dauert an den kürzesten Tagen der Maschinenbetrieb täglich $\frac{11150}{750} =$ rund 15 Stunden. An den längsten Sommertagen (Werktagen) sind von den Dynamomaschinen rund 6000 Lampenstunden zu leisten; also laufen dieselben (mit voller Belastung, wie der reine Parallelbetrieb mit den Akkumulatoren es mit sich bringt)

$$\frac{6000}{750} = 8 \text{ Stunden täglich.}$$

Der Verbrauch der 16 kerzigen Glühlampe an elektrischer Arbeit soll wieder zu 53 Watt angenommen werden, sodass 1 Lampenstunde = 53 Wattstunden. Die Spannung an den Verbrauchsstellen sei 110 Volt; die der Stromquelle muss

[1]) Bei der beträchtlichen Grösse des Akkumulators soll die Ladung, wie angegeben, unmittelbar durch die Haupt-Dynamomaschinen, nicht unter Zuhülfenahme einer Zusatzmaschine geschehen.

also um etwa 2,5 % höher sein. Der Wirkungsgrad der Dynamomaschinen betrage im Mittel 85 %. Sie sollen als Maximalstromstärke den Strom für 750 gleichzeitig brennende 16 kerzige Glühlampen von 110 Volt (oder deren Äquivalent), d. h. 360 Ampère, liefern können. Die Klemmenspannung beträgt dabei etwa 113 Volt. Beim Laden der Akkumulatoren $\left(\frac{113}{1,8} = 63 \text{ Stück}\right)$ muss die Maschinenspannung bis mindestens $2,7 \times 63 = 170$ Volt gesteigert werden können. Folglich muss die normale Leistungsfähigkeit der beiden Dynamomaschinen zusammen auf 170 Volt und 360 Ampère oder rund 60 000 Watt, diejenige einer Maschine allein also auf 30 000 Watt gesteigert werden können. Die beiden Dampfmaschinen haben bei dem angenommenen Wirkungsgrade der Dynamomaschinen, bei voller Belastung der letzteren, zusammen zu liefern etwa $\frac{60000}{736 \times 0,85} = 96$ PS, jede Maschine also 48 PS. Es genügen jedoch Maschinen von 45 PS, da die genannte höchste Belastung der Dynamomaschinen im allgemeinen nur für ganz kurze Zeit (gegen Ende der Ladung) vorkommt, wo man leicht durch zeitweilige Erhöhung der Tourenzahl, oder am einfachsten durch Verminderung der Ladestromstärke nachhelfen kann. Auf Grund der vorstehenden Angaben lassen sich nun die Erzeugungskosten der elektrischen Energie, wie sie dem Unternehmer der Blockanlage zu stehen kommt, berechnen.

Anlagekosten.[1])

	Mark
2 Sicherheits-Röhrenkessel von je 60 *qm* Heizfläche, nebst allen Speisevorrichtungen, Rohrleitungen und Fundamenten, fertig montiert .	20000
2 Dampf-Dynamomaschinen mit stehenden Compound-Dampfmaschinen und langsam laufenden Dynamomaschinen, für je im Maximum 30 Kilowatt, Tourenzahl 320, Preis pro 1 Kilowatt rund 400 Mark, zusammen	24000
Batterie von 63 Akkumulatoren, Kapazität 1000 bis 1050 Ampère-Stunden bei 3 stündiger Entladung mit dem maximalen Entladestrom von 340 Ampère, maximaler Ladestrom 265 Ampère, nebst Balkengestell, Isolatoren, Säure und sonstigem Zubehör inkl. Verpackung	10700
1 Schalttafel aus Marmor, enthaltend: 4 Spannungsmesser nebst 2 dazugehörigen Umschaltern, 1 Spannungswecker, 3 Strommesser, wovon 2 bis 200, 1 bis 400 Ampère, 2 Nebenschluss-Regulatoren, 2 selbsttätige Ausschalter für 200 Ampère, 2 einpolige Hebelausschalter für 200 Ampère, 2 Umschalter für 400 Ampère, 3 Stromrichtungszeiger. 1 Doppelzellenschalter, von Hand zu verstellen, für 350 Ampère. 2 Sammelschienen. 7 zweipolige Sicherungen und 7 zweipolige Hebelausschalter, je für etwa 100 Ampère, für die 7 Speiseleitungen. 2 zweipolige Sicherungen für je etwa 200 Ampère für die Dynamomaschinen, 1 für 350 Ampère für die Batterie. 1 Erdschluss-Anzeiger zur direkten Ablesung des Widerstandes. 1 Blitzschutzvorrichtung. Zusammen inkl. geschmackvoll in Eichenholz ausgeführter Umrahmung mit Uhraufsatz, sowie Wandarmen für 4 Glühlampen	2500
Für Leitungsmaterial, nämlich: 7 Hauptspeiseleitungen, Verteilungsleitungen und Hausanschlüsse bis zu den Elektricitätszählern, nebst allem Zubehör, unter der Annahme, dass diese Leitungen teilweise aus blankem Kupfer, teilweise in Form von gewöhnlich oder auch gegen Feuchtigkeit isoliertem Kabel, sämtlich aber oberirdisch, verlegt werden, endlich Zuführungskabel von den Dynamomaschinen bis zur Schalttafel (Bleikabel, weil unter dem Fussboden geführt), sowie Verbindungsleitungen der Batterie mit dem Zellenschalter (blank)	7000

[1]) Die Kosten für Gebäude und Schornstein sind hier nicht besonders aufgeführt, sondern es findet sich ein denselben entsprechender Betrag unter den indirekten Betriebskosten angesetzt.

Mark

60 Elektricitätszähler, à im Mittel 110 Mark 6600

Für Montage, mit Ausnahme der Kessel 2400

Für Verpackung, Frachten, Fundamentierung der Maschinen, Unvorhergesehenes und zur Abrundung 1800

Summe 75000

Betriebskosten.

a) Indirekte.

Mark

Verzinsung des Anlagekapitals, 4% von 75000 Mark 3200

Abschreibungen: Kessel und Maschinen (in 15 Jahren) 4,993% von 44000 Mark = 2200 Mark; vom übrigen, mit Ausnahme der Akkumulatoren (Dauer durchschnittlich 18 Jahre) 4% von 20000 Mark = 800 Mark, zusammen 3000

Für Unterhaltung und Reparatur, mit Ausnahme der Batterie, $1^1/_2$% von 64000 Mark 960

Prämie für die Akkumulatoren, 10% von 10700 Mark 1070

Abschreibung auf die Akkumulatoren (zur grösseren Sicherheit) 5% von 10700 Mark, abgerundet 540

Für Verzinsung und Tilgung des in den Baulichkeiten steckenden Kapitals, sowie für Reparaturen an diesen, seien jährlich aufzuwenden 1250

Gehälter: 1 Maschinist 1500 Mark, 1 Heizer 1100 Mark, 1 Hülfsmaschinist und 1 Hülfsheizer (während der Wintermonate) zusammen 1200 Mark. 1 Comptoirist, zur Buchführung und zur Kontrolle der Elektricitätszähler, 1200 Mark. Im ganzen 5000

Summe 15020

b) Direkte Betriebskosten.

Es ist von den Dynamomaschinen, gemessen an deren Klemmen, jährlich im ganzen eine elektrische Arbeit zu leisten, welche im Durchschnitt entspricht: an 300 Werktagen je 8400 Glühlampen-Brennstunden, an den 65 übrigen Tagen je 6900 Lampenstunden. Dies ergibt zusammen im Jahre

$$300 \times 8400 + 65 \times 6900 = 2\,968\,000 \text{ Lampenstunden,}$$

oder, die Lampenstunde zu 53 Wattstunden gerechnet, 157400 Kilowattstunden. Bei dem oben angenommenen Wirkungsgrade der Dynamomaschinen von im Mittel 85% haben die Dampfmaschinen im Jahre

$$\frac{157400}{0{,}736 \times 0{,}85} = 252000 \text{ PS-Stunden}$$

zu leisten.

Hieraus ergibt sich nun der

Mark

Kohlenverbrauch, wenn die Dampfmaschinen für 1 PS-Stunde die durch 2,5 *kg* Steinkohlen zu erzeugende Dampfmenge verbrauchen (Anheizen der Kessel mitgerechnet) und der Kohlenpreis 2,00 Mark für 100 *kg* beträgt, $2{,}5 \times 252000 \times 0{,}020$ 12600

Für Schmier- und Putzmaterial, 0,5 Pfg. pro 1 PS-Stunde . . . 1260

Das Speisewasser stehe umsonst zur Verfügung.

13860

Hierzu die indirekten Kosten 15020

Summe 28880

Für diese Summe wird jährlich eine elektrische Arbeitsleistung erzeugt, welche (an den Verbrauchsstellen gemessen)

$$300 \times 7500 + 65 \times 6000 = 2\,640\,000 \text{ Brennstunden}$$

einer Glühlampe von 16 Kerzen oder deren Äquivalent entspricht.

Dem Besitzer der Blockanlage kostet somit die Erzeugung der elektrischen Energie, welche hinreicht, um eine der 16kerzigen Glühlampen seines Blockes eine Stunde lang zu speisen

$$\frac{28\,880 \times 100}{2\,640\,000} = 1{,}094 \text{ Pfg.}$$

Grössere Zentralanlagen mit unterirdischer Zuleitung des Stromes zu den Konsumstellen, welche ganze Stadtgebiete mit Strom versorgen, berechnen z. Z. die einer Glühlampenbrennstunde entsprechende elektrische Arbeitsmenge mit etwa 3 Pfg. Der Besitzer einer Blockanlage der beschriebenen Art, für die die Verhältnisse bezüglich des Stromverbrauches allerdings recht günstig liegen, kann das Licht erheblich billiger liefern. Verkauft er eine Glühlampenstunde oder deren Äquivalent im Mittel für

	2	$2^1/_2$	$2^3/_4$	3	Pfg.
so beträgt die jährliche Brutto-Einnahme	56800	66000	72700	79200	Mark,
und der Reingewinn (abgerundet) . . .	26600	35800	42500	49000	»

Dabei ist der Ertrag der Miete für 60 Elektricitätszähler noch nicht mit veranschlagt. Es kann angenommen werden, dass dieser Betrag, sowie der Gewinn aus dem Verkauf von Glühlampen und Bogenlichtkohlen, soweit sie der Unternehmer an seine Konsumenten liefert, mit den Selbstkosten der Beleuchtung der Maschinen-, Kessel-, Batterie- und Geschäftsräume der Station, sowie mit den Kosten für Versicherungen u. dergl. sich ungefähr kompensieren.

Der Betrieb einer Blockanlage ist, wie die vorstehenden Zahlen zeigen, unter den hier angenommenen günstigen Umständen ein recht rentables Geschäft. Doch auch wenn der Stromverbrauch weniger gross ist und die Verbrauchsstellen weniger dicht zusammenliegen, sodass die Selbstkosten einer Lampenstunde bis 1,5 Pfg. und darüber betragen, kann der Betrieb einer derartigen Anlage noch einen erheblichen Nutzen abwerfen.

249. Beispiel 9. **Kleine Hausinstallation, an Zentralstation angeschlossen.** Ein Ladengeschäft soll mit Glühlampen beleuchtet werden; der Strom wird von einer Zentralanlage mit einer Spannung von 110 Volt geliefert. Es sollen die Kosten der ersten Einrichtung, sowie die laufenden Kosten des Lichtes berechnet werden.

I. bei Benutzung gewöhnlicher Glühlampen.

Es seien erforderlich: für 2 Schaufenster je 5 Glühlampen à 32 Kerzen, im Laden 12 Lampen, auf 4 kleine Lustres à 3 Lampen verteilt, im Comptoir 2 Lampen, in einem Nebenraume noch 1 Lampe, alle Lampen, ausser denen in den Schaufenstern, zu 16 Kerzen.

Bezüglich der Brennzeit sollen zwei verschiedene Fälle berücksichtigt werden: 1. das Geschäft wird um 8 Uhr abends geschlossen, 2. es bleibt bis 10 Uhr offen. Im ersteren Falle wird 2 Sommermonate lang überhaupt kein Licht gebraucht; in den übrigen 10 Monaten brennt das Licht täglich im Mittel $2^1/_4$ Stunden. Der Laden sei Sonntags und an Festtagen geschlossen. Im zweiten Falle kommen zu der für 1. angenommenen Brennzeit noch das ganze Jahr hindurch die 2 Stunden von 8 bis 10 hinzu. Die gesamte jährliche Brennzeit ist also:

bei Fall 1. $250 \times 2{,}25 = 563$ Stunden,
bei Fall 2. $310 \times 2{,}25 + 310 \times 2 = 1320$ Stunden.

Es sollen stets die sämtlichen installierten Lampen brennen. Die Ausstattung der Beleuchtungskörper sei mittelfein.

Die Einrichtungskosten betragen:	Mark
Beleuchtungskörper für 25 Glühlampen, einschliesslich Schalenhalter und Glasschalen	400
25 Glühlampen, à 0,30 Mark, nebst Fassungen, wovon einige mit Ausschalter	25
Für Leitungsmaterial mit Zubehör, einschliesslich Ausschalter und Sicherungen	150
Für den Hausanschluss, vom Strassenkabel bis zum Elektricitätszähler, einschliesslich Hauptsicherung	150
Für Montage	75
Summe	800

Die Anlagekosten betragen also pro installierte Glühlampe **32 Mark.** Dieser Betrag stellt, da sämtliche Einzelposten reichlich bemessen sind, eine obere Grenze dar.

Betriebskosten.

a) Indirekte.

	Mark
Verzinsung des Anlagekapitals und Abschreibung, sowie Reparaturen, mit zusammen 12 %, rund	100
Miete für den Elektricitätszähler	10
	110

b) Direkte.

Der Preis für die gelieferte elektrische Energie betrage 6 Pfg. für 100 Wattstunden, also für die Brennstunde einer Glühlampe von 16 Kerzen rund 3,2 Pfg., für die Brennstunde einer 32kerzigen Lampe, wegen der günstigeren Ökonomie (vergl. **95**) 6,0 Pfg.

Hiernach betragen die direkten Kosten in den beiden angenommenen Fällen:

	Mark
1. bei jährlich 563 Brennstunden pro Lampe:	
Für Stromlieferung $15 \times 563 \times 0{,}032 + 10 \times 563 \times 0{,}060$	608
Für Glühlampenersatz, unter der Annahme, dass die mittlere Lebensdauer einer Glühlampe 300 Brennstunden betrage, $\frac{25 \times 563}{300}$ = 47 Lampen, à 0,30 Mark, rund	15
	623
Dazu die indirekten Kosten	110
Summe	733
2. bei jährlich 1320 Brennstunden pro Lampe:	
Für Stromlieferung $15 \times 1320 \times 0{,}032 + 10 \times 1320 \times 0{,}060$	1426
Für Glühlampenersatz	33
	1459
Dazu die indirekten Kosten	110
Summe	1569

Die Brennstunde einer 16kerzigen Lampe kommt hiernach, wenn für jede 32kerzige Lampe 2 à 16 Kerzen gerechnet werden, dem Ladeninhaber zu stehen:

bei jährlich 563 Brennstunden auf $\frac{73300}{35 \times 563} = 3{,}72$ **Pfg.**

» » 1320 » » $\frac{156900}{35 \times 1320} = 3{,}40$ **Pfg.**

II. Bei Benutzung von Nernstlampen.

Es sollen Lampen von den nämlichen Lichtstärken wie oben angewendet werden. Bei 110 Volt verbraucht dann jede 32kerzige Lampe 1,7 Watt pro Kerze, also rund 55 Watt, jede 16kerzige Lampe 1,8 Watt pro Kerze, also rund 29 Watt.

Hiernach betragen die Einrichtungskosten:

	Mark
Beleuchtungskörper, wie bei I.	400
25 Nernstlampen Modell B, teils für 0,50, teils für 0,25 Ampère, à 3,00 Mark	75
Leitungsmaterial mit Zubehör (die Verminderung der Stromstärke fällt für die Kosten der durchweg schwachen Leitungen nicht ins Gewicht) wie oben	150
Für den Hausanschluss, wie bei I.	150
Für Montage, desgl.	75
	850

Die Anlagekosten betragen somit pro installierte Nernstlampe **34 Mark.**

Betriebskosten.

a) Indirekte.

	Mark
Für Zinsen, Abschreibungen, Unterhaltung und Reparatur 12% des Anlagekapitals	102
Miete für den Elektricitätszähler	10
	112

b) Direkte.

Die beim Brennen sämtlicher Lampen erforderliche elektrische Energie beträgt: 10 × 32 × 1,7 + 15 × 16 × 1,8 = 976 Watt.

Die Lebensdauer des Brenners (Leucht- und Heizkörper nebst Porzellanplatte, vergl. Fig. 223) einer Nernstlampe soll vorsichtshalber nicht höher als zu 200 Stunden angenommen werden. Ein Ersatzbrenner kostet 1 Mark. Ferner werde angenommen, dass durchschnittlich nach 1000 Brennstunden ein Vorschaltwiderstand (Fig. 222) auszuwechseln sei, zum Preise von 0,40 Mark.

Hiernach sind die direkten Betriebskosten in den beiden oben angenommenen Fällen:

	Mark
1. bei jährlich 563 Brennstunden pro Lampe:	
Für Stromlieferung 563 × 976 : 100 × 0,06 =	330
Für Ersatzteile, bei 563 × 25 = 14075 Brennstunden: 70 Brenner à 1 Mark, 14 Vorschaltwiderstände à 0,40 Mark, zusammen, abgerundet	76
	406
Dazu die indirekten Kosten	112
Summe	518
2. bei jährlich 1320 Brennstunden pro Lampe:	
Für Stromlieferung 1320 × 976 : 100 × 0,06 =	773
Für Ersatzteile bei 1320 × 25 = 33000 Brennstunden: 165 Brenner à 1 Mark, 33 Vorschaltwiderstände à 0,40 Mark, zusammen, abgerundet	178
	951
Dazu die indirekten Kosten	112
Summe	1063

Die Brennstunde einer 16kerzigen Nernstlampe kommt hiernach, wenn für eine 32kerzige 2 à 16 Kerzen gerechnet werden, dem Ladeninhaber zu stehen:

bei jährlich 563 Brennstunden pro Lampe auf $\frac{51\,800}{35 \times 563} = 2{,}63$ Pfg.

» » 1320 » » » » $\frac{106\,300}{35 \times 1320} = 2{,}30$ Pfg.

250. Beispiel 10. **Mittlere Hausanlage, von Zentralstation gespeist.** Es sollen die Anlage- und Betriebskosten für die in Beispiel 1 (**241**) behandelte Beleuchtungsanlage (Restauration) berechnet werden, unter der Annahme, dass der Strom nicht in der Anlage selbst erzeugt, sondern von einem Elektricitätswerke geliefert werde.

Die Zahl und Art der Lampen sei dieselbe, wie früher angegeben.

Einrichtungskosten.

	Mark
Beleuchtungskörper für 75 Glühlampen	1500
75 Glühlampen nebst Fassungen	75
2 Bogenlampen nebst allem Zubehör	212
Für Leitungsmaterial mit allem Zubehör	400
Für den Hausanschluss, nebst Hauptsicherung	150
Für Montage	243
Summe	2580

Anlagekosten pro installierte Glühlampe von 16 Kerzen (jede Bogenlampe zu 7 Glühlampen gerechnet) **29,00 Mark.**

Betriebskosten.

a) Indirekte.

	Mark
Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals, sowie für Reparaturen, zusammen 12%	310
Miete für den Elektricitätszähler	10
	320

b) Direkte Betriebskosten.

Die Bedingungen für die Stromlieferung seien die gleichen wie beim vorigen Beispiel, doch werde bei Abnahme von mindestens 100 000 Lampenstunden im Jahre ein Rabatt von 10% gewährt.

1. bei jährlich 2370 Brennstunden pro Lampe:	Mark
Für Stromlieferung 89 × 2370 × 0,032 × 0,90	6080
Glühlampenersatz	177
Verbrauch an Bogenlichtkohlen	31
	6288
Dazu die indirekten Kosten	320
Summe	6608

2. bei jährlich 1185 Brennstunden pro Lampe sind die direkten Betriebskosten halb so gross wie im ersten Falle, also	3304
Hierzu die indirekten Kosten	320
	3624

Es kostet sonach 1 Brennstunde einer 16kerzigen Glühlampe:
bei jährlich 2370 Brennstunden pro Lampe 3,13 Pfg.,
» » 1185 » » » 3,44 Pfg.

In der umstehenden Tabelle sind Anlage- und Betriebskosten für diejenigen der im vorstehenden betrachteten Beispiele übersichtlich zusammengestellt, bei denen es sich wesentlich um Glühlicht-Beleuchtung handelt. Die ausserdem vorhandenen Bogenlampen sind in ihr Äquivalent an 16kerzigen Glühlampen umgerechnet. Die Anlagekosten sind pro 1 installierte Glühlampe angegeben und zwar sowohl für die gesamte Anlage als auch nur für den Teil derselben, der übrig bleibt, wenn man die der Erzeugung, Aufspeicherung, Regulierung und Messung des Stromes dienenden Einrichtungen weglässt (Leitungen nebst Ausschaltern und Sicherungen, Beleuchtungskörper, Lampen). Bei Gasmotorenbetrieb mit Leuchtgas ist ein Gaspreis von 12 Pfg. für 1 *cbm* angenommen.

Die behandelten Beispiele lassen zweierlei erkennen: einmal, dass mit Vermehrung der Anzahl der Stunden, welche jede Lampe jährlich brennt, die Kosten der Lampenstunde beträchtlich abnehmen und ferner, dass bei dem derzeitigen Preise des von Elektricitätswerken mit unterirdischem Leitungsnetz abgegebenen Stromes schon bei mässig grossen Anlagen (von 80 bis 100 Glühlampen an aufwärts) der eigene Betrieb sich wesentlich billiger stellt als der Anschluss an eine Zentrale, vorausgesetzt, dass die jährliche Brenndauer der einzelnen Lampe nicht gar zu gering ist.

Tabelle 71.

Zusammenstellung der Anlage- und Betriebskosten für verschiedenartige Glühlichtanlagen, bezogen auf 1 16kerzige Glühlampe.

Bezeichnung der Anlage. Maximaler Stromverbrauch in Watt	Anlagekosten von 1 installierten Glühlampe inkl. Einrichtung zur Stromerzeugung Mark	Anlagekosten von 1 installierten Glühlampe ohne Einrichtung zur Stromerzeugung Mark	Jede installierte Lampe brennt jährlich im Mittel Stunden	Kosten von 1 Brennstunde einer 16kerzigen Glühlampe Pfg.
Restauration (1). 4,7 Kilowatt. Gasmotor. Reiner Maschinenbetr. Elegante Ausstattung.	78	27,7	2370 1185	1,18 1,87
Vergnügungslokal (2). 15 Kilowatt. Stationäre Lokomobile. Reiner Maschinenbetr. Mittelfeine Ausstattung.	67	17,1	1180	1,46
Druckerei (3). 12 Kilowatt. Gasmotor. Akkumulatoren als Reserve. Einfache Ausst.	70	13,2	1800	1,56
Druckerei (4). 12 Kilowatt. Kraftgasanlage. Sonst wie 3.	97,4	13,2	1800	1,25
Fabrik (6). 22 Kilowatt. Dampfmaschine. Kein besonderer Kessel. Reiner Maschinenbetr. Einfachste Ausstattung.	38,8	10,8	565 1130	1,35 0,94
Warenhaus (7). ca. 42 Kilowatt. Generatorgasanlage mit Akkumul.-Betrieb. Elegante Ausstattung.	60,0	21,3	983	1,33
Ladengeschäft (9). ca. 1850 Watt. An Zentralstation angeschloss. Mittelfeine Ausstattung.	—	32,0	563 1320	3,72 3,40
Restauration (9 wie 1). 4,7 Kilowatt. An Zentralstation angeschlossen. Elegante Ausstattung.	—	29,0	2370 1185	3,13 3,44

Nachträge.

Die im folgenden angegebenen Abänderungen sind während Drucklegung dieser Auflage, welche eine beträchtliche Zeit in Anspruch genommen hat, notwendig geworden. Ebenso sind einige hierunter beschriebene Neuerungen erst in dem bezeichneten Zeitraume in die Öffentlichkeit gekommen.

Zu Abschnitt I.

Die »Aktien-Gesellschaft Elektricitätswerke, vormals O. L. Kummer & Co.« in Dresden, deren Erzeugnisse unter **29**, sowie Seite 92 und 93 beschrieben sind, hat seit einiger Zeit zu bestehen aufgehört. Vom 1. Juli 1903 ab wird die Fabrik unter dem Namen »Sachsenwerk« von einer neuen Gesellschaft übernommen. Ob diese die gleichen Modelle weiterbauen wird, bleibt abzuwarten.

Die Seite 93 erwähnte Dampfturbine von Parsons ist von der Firma Brown, Boveri & Co. vervollkommnet worden und wird von ihr in einer Anzahl von Größen, die zur direkten Kuppelung mit Dynamomaschinen bestimmt sind, geliefert.

Die elektrotechnische Abteilung der Firma Gebrüder Körting in Körtingsdorf bei Hannover hat, nachdem eine Fusion der Firma mit der »Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft« stattgefunden hat, die Fabrikation eingestellt. Daher wird Körtings Gasdynamo (beschrieben Seite 96 bis 99) nicht mehr regelmässig gebaut.

Zu Abschnitt II.

Die »Akkumulatoren-Fabrik, Aktien-Gesellschaft« in Berlin-Hagen hat im Frühjahr 1903 eine neue negative Platte herausgebracht, die an die Stelle der Seite 128 und 129 beschriebenen und Fig. 114 und 115 abgebildeten tritt.

Man kann das neue Modell als ein Mittelding zwischen einer Masseplatte und einer Gitterplatte ansehen. Ein Bleirahmen ist beiderseits durch dünnes, stark perforiertes Bleiblech geschlossen, wodurch ein geräumiger Kasten gebildet ist. Der innere Hohlraum ist zur Versteifung von einigen Längs- und Querrippen durchzogen und hierdurch in viereckige Kästchen von etwa 40 *mm* Länge und Breite bei etwa 7 *mm* Tiefe geteilt. Jeder solche Hohlraum enthält eine

Portion aktives Material, das nur lose eingefüllt und mit Zusätzen versehen ist, die es stark porös machen. Die Füllmasse kann, da sie das Kästchen nicht dicht ausfüllt, erheblich aufquellen, was besonders beim Formieren und in der ersten Zeit des Betriebes geschieht. Dabei tritt sie jedoch nicht, wie bei gewöhnlichen Gitterplatten meistens der Fall, aus der ebenen Oberfläche der Platte heraus, sondern drückt sich nur gegen die perforierten Bleibleche an, welche sie nach den beiden Plattenflächen zu begrenzen. Sie kommt so mit dem Bleiträger in einer grossen Anzahl von Punkten in Berührung, was im Interesse einer guten Stromleitung zur aktiven Masse wünschenswert ist.

Nach Angabe der Fabrik ist die neue Plattenform hauptsächlich aus dem Bestreben entstanden, zu verhindern, dass die aktive Substanz bei dauernder intensiver Beanspruchung hauptsächlich an der Oberfläche durch Zusammensintern (Schrumpfen, vergl. Seite 163 und 522) erhärte und dadurch die volle Ausnützung der dahinter liegenden, noch porösen Teile verhindere. Dieser Missstand war bei dem bisherigen Modell, bei dem die Füllmasse in die engen Gitteröffnungen eingestopft war, häufig eingetreten und hatte eine vorzeitige Abnahme der Kapazität bewirkt.

Das Bleigerüst der neuen Platte ist aus zwei Hälften zusammengesetzt. Jede Hälfte wird in der Weise hergestellt, dass man ein rechteckig zugeschnittenes Stück perforiertes Bleiblech in eine Giessform legt, welche eine Anzahl Kanäle enthält, und diese mit Blei ausfüllt. Dadurch wird der Rand der Platte mit den Fahnen und die sich rechtwinklig kreuzenden Rippen gebildet. Das Giessen und Erhärten erfolgt so schnell, dass das perforierte Blech nicht schmilzt, sondern die Ränder und Rippen sich nur auf dessen eine Seite festhaftend ansetzen. Die Ecken des Randes sowie einige Kreuzungsstellen der Rippen sind verdickt und bei der einen Hälfte der späteren Platte mit runden Löchern, bei der anderen Hälfte mit dahinein passenden, vorspringenden Stiften versehen.

Nun wird die eine Plattenhälfte wagrecht hingelegt, in jede ihrer viereckigen Abteilungen ein Quantum Füllmasse gebracht und dann die andere Hälfte daraufgesetzt. Die Stifte dieser Hälfte passen in die Löcher der anderen. Ihre nur kurzen Ansatzfahnen legen sich in entsprechende Aussparungen der breiteren Fahnen der anderen Hälfte. Dann werden durch Breithämmern oder -Pressen der Stiftköpfe die beiden Hälften miteinander fest vernietet.

Die Dicke der fertigen Platte, gemessen zwischen den äusseren Flächen, beträgt 8 *mm*. Die perforierten Wände der Platte sind 0,3 *mm* stark. Ränder und Rippen sind bei jeder Hälfte der Platte etwa 3,7 *mm* hoch, sodass sie sich beim Zusammensetzen der Hälften

glatt aufeinander legen. Die Breite des Randes ist 2,5 bis 3 *mm*. Die Rippen, welche in senkrechter Richtung 42 *mm*, in wagrechter 40 *mm* auseinander stehen, haben trapezförmigen Querschnitt. Sie sind an der Basis, wo sie auf dem perforierten Bleche aufsitzen, 2,5 *mm* breit und verjüngen sich nach aussen auf 1,0 *mm*. Der Hohlraum im Inneren jeder der durch die Rippen gebildeten Abteilungen misst etwa 40 : 38 *mm* bei 7,4 *mm* Tiefe. Die aktive Masse füllt ihn bald, wenn sie genügend aufgequollen ist, völlig aus. Nur die beiden Abteilungen an den Ecken des oberen Plattenrandes haben, da sich hier die Fahnen ansetzen, zur Versteifung noch einen mitten durchlaufenden Steg.

Die Lochweite der perforierten Bleche beträgt 2 *mm*. Die Löcher stehen so dicht zusammen, dass auf jede der durch die Rippen gebildeten Abteilungen durchschnittlich 150 Löcher kommen, wobei die beim Angiessen der Rippen ausgefüllten abgerechnet sind. Auf 1 *qdm* Plattenoberfläche entfallen rund 900 freie Löcher. Diese machen etwa 31 % der Plattenoberfläche aus. Die rund 5 *mm* starken Nieten stehen in senkrechter und wagrechter Richtung je 80 *mm* auseinander. Die Hälften einer Platte der kleinsten Type (172 : 168 *mm*)

Fig. 602.

Fig. 603.

sind durch 9 Nieten zusammengehalten, wovon 2 in den Fahnen sitzen. Fig. 602 zeigt die Ansicht eines Stückes einer solchen Platte in natürlicher Grösse, Fig. 603 einen Schnitt in der Richtung A B, in doppelter Naturgrösse. Hierbei ist unten der Rand der Platte geschnitten.

Zu Abschnitt III.

Nernstlampe. Die »Allgem. Elektricitäts-Gesellschaft« hat die Nernstlampe, Modelle 1902, inzwischen von unparteiischer Seite Dauerprüfungen unterwerfen lassen, welche folgendes Resultat ergeben haben:

Modell A, 1 Ampère, 220 Volt. Mittelwerte von 6 Lampen.

Mai 1902			Februar 1903		
Zeit Stunden	Lichtstärke H. K.	Watt pro Kerze	Zeit Stunden	Lichtstärke H. K.	Watt pro Kerze
0	153,2	1,54	0	158,7	1,43
50	137,2	1,66	47	156,3	1,46
100	137,8	1,67	142	133,6	1,62
200	137,8	1,65	274	126,9	1,65
300	138,8	1,57			
Mittel	139,1	1,63	Mittel . . .	140,0	1,57
Mittlere Lebensdauer: über 286 Stunden			Mittlere Lebensdauer: über 538 Stunden		

Modell B, 0,25 Ampère, 220 Volt. Mittelwerte von 5 Lampen.

Zeit	Stromstärke	Lichtstärke	Licht-abnahme	Energieverbrauch pro Kerze
0 Stunden	0,264 Amp.	35,1 Kerzen	0%	1,65 Watt pro Kerze
50 »	0,261 »	32,4 »	7,7 »	1,77 » » »
100 »	0,260 »	32,3 »	8,0 »	1,77 » » »
200 »	0,253 »	30,1 »	14,0 »	1,85 » » »
300 »	0,242 »	27,5 »	21,6 »	1,93 » » »
400 »	0,237 »	26,5 »	24,5 »	1,97 » » »
Mittel während 400 Stunden	0,251 Amp.	30,1 Kerzen	—	1,83 Watt pro Kerze

Von 5 Lampen brannte ein Leuchtkörper nach 310 Stunden, ein anderer nach 379 Stunden durch, die übrigen 3 waren nach 400 Stunden noch intakt.

Die mittlere Lebensdauer übersteigt somit 378 Stunden.

Die Heizspiralen blieben unversehrt.

Wertvolle, authentische Mitteilungen über Herstellung und Eigenschaften der Nernstlampe enthält ein Vortrag von Bussmann (ETZ 1903, Seite 281), der sich um die Vervollkommnung und technisch brauchbare Gestaltung grosse Verdienste erworben hat. Daraus ist, in Ergänzung der Angaben Seite 261 bis 272, u. a. zu ersehen, dass der Heizkörper aus feinem Platindraht besteht, den man um ein etwa 1 *mm* dickes Stäbchen aus porzellanartiger Masse wickelt und hierauf mit einer dünnen Schicht feuerfesten Materials überzieht, worauf das Stäbchen vor der Gebläseflamme erweicht und zur Spirale

gebogen wird. Ferner wird angegeben, dass der Vorschaltwiderstand aus dünnem Eisendraht besteht, der in eine mit Wasserstoff gefüllte Glasröhre eingeschlossen wird.

Kurz vor Abschluss des Druckes dieser Auflage (Juni 1903) veröffentlicht W. Wedding die Ergebnisse einer neuen Untersuchung über die Nernstlampe (ETZ 1903, Seite 442).

Wedding hat zunächst die Lebensdauer der A-Lampe (220 Volt, 1 Ampère) und die Abnahme der Lichtstärke bei längerem Brennen untersucht. Die Spannung, bei der die Lampen brannten, schwankte tags über um etwa $4^1/_2$ % nach oben und unten (von 210 bis 230 Volt), was mit Absicht zugelassen wurde, nachts weit weniger.

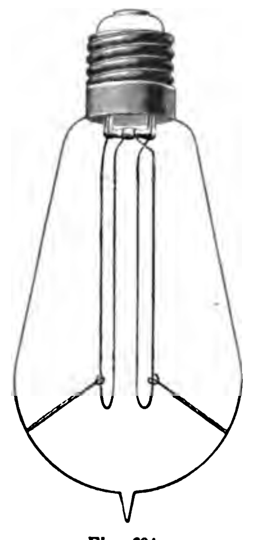
Bei 6 Stück der normalen, mit Vorschaltwiderstand für 20 Volt versehenen Lampe war die Lichtstärke unter den im Mittel 158 Kerzen betragenden Anfangswert nach 142 Brennstunden um durchschnittlich 16 %, nach 275 Stunden um 20 %, nach 550 Stunden um 50 % gesunken. Gleichzeitig stieg der spezifische Verbrauch von anfänglich 1,46 Watt pro Kerze nach 142 Stunden auf 1,63, nach 275 Stunden auf 1,66 und nach 550 Stunden auf etwa 2 Watt pro Kerze. Die Lampen brannten hierbei dauernd, d. h. sie wurden nicht zeitweise ausgelöscht, ausser im ganzen 5 mal zu den Messungen.

Bei einer zweiten Versuchsreihe (Januar 1903) brannten 12 Lampen derselben Art unter den gleichen Umständen. Die Lampen wurden jedoch, um sich den Verhältnissen des praktischen Betriebes möglichst zu nähern, morgens, mittags und abends je eine Stunde ausgelöscht. Die Leucht- und Heizkörper und die Vorschaltwiderstände machten auf diese Art die häufigen Zusammenziehungen und Ausdehnungen durch, die beim öfteren Auslöschen und Wiedereinschalten stattfinden. Die erste der 12 Lampen brannte nach 186 Brennstunden, die zweite nach 331 Stunden, die sechste nach 655 Stunden, die letzte nach 1246 Stunden durch. Die mittlere Lebensdauer war 730 Stunden. Nur bei zweien war die Heizspirale die Ursache des Erlöschens, bei allen übrigen der Leuchtkörper.

Wedding hat ferner **das neueste Modell der Nernstlampe** (1903) auf Lichtstärke und spezifischen Verbrauch untersucht. Bei diesem umgibt der Heizkörper nicht mehr als Spirale das Leuchtstäbchen, sondern liegt über dem letzteren und besitzt flache, zickzackförmige Gestalt. Dadurch kommen sowohl der Heiz- wie der Leuchtkörper nahe unter die sie tragende Porzellanplatte, deren reflektierende Wirkung dadurch vorteilhaft ausgenützt wird. Die Folge ist eine Erhöhung der Lichtausbeute bei gleichem Energieverbrauch.

Die von Wedding sehr sorgfältig bestimmte Verteilung der Lichtstärke unterhalb der durch den Leuchtkörper gelegten Horizontalebene ist eine recht günstige. Der Unterschied in der Lichtstärke in horizontaler Richtung unter 45° und senkrecht nach unten ist nicht sehr beträchtlich, ausgenommen in der durch die Achse des Stäbchens gelegten Vertikalebene. Das Maximum der Lichtstärke fällt naturgemäss senkrecht nach unten. Es betrug bei der untersuchten Lampe, welche 220 Volt und 0,987 Ampère, also 217,1 Watt verzehrte, 272 Kerzen. Die mittlere sphärische Lichtstärke unterhalb der Horizontalen wurde zu 179,2 Kerzen gefunden. Der mittlere spezifische Energieverbrauch betrug nur 1,21 Watt pro Kerze, wenn die Lampe offen brannte. War sie mit einer klaren Glasglocke versehen, so stieg er auf 1,26 Watt pro Kerze, bei Anwendung einer matten Glocke aus Opalglas auf 1,76 Watt pro Kerze.

Mit dieser Lampe ist daher wieder ein Fortschritt in der Richtung der Verbesserung der Ökonomie getan (vergl. die Zahlen für das bisherige Modell A, Seite 638).


Fig. 604.

Wie Wedding ferner angibt, will die »Allgem. Elektr.-Gesellschaft« in einiger Zeit eine Nernstlampe von noch grösserer Lichtstärke als bisher, für 2 Ampère bei 220 Volt, herausbringen. Dieses Modell soll besonders die Lücke zwischen der Kohlefaden-Glühlampe und der gewöhnlichen Bogenlampe von rund 6 Ampère ausfüllen.

Wedding setzt endlich die neue Nernstlampe von 1903 in Vergleich mit der jetzt öfter verwendeten Dauerbrand-Bogenlampe von 2 Ampère Stromstärke bei 110 Volt (vergl. S. 643). Wenn beide Lampen, welche jede 220 Watt verbrauchen, mit matten Glocken versehen sind, so ist die mittlere hemisphärische Lichtstärke und der spezifische Energieverbrauch nahezu gleich (vergl. die Zahlen Seite 644).

Auers Osmium-Lampe ist im Oktober 1902 von der »Deutschen Gasglühlicht-Aktien-Gesellschaft« in den Handel gebracht worden. Sie hat ungefähr die Gestalt und Grösse einer gewöhnlichen Glühlampe (Fig. 604) und enthält in einem luftleer gepumpten, mit Edison-Sockel versehenen Glasballon zwei Fäden aus Osmiummetall. Jeder ist zu einer Schleife gebogen und wird von zwei kurzen Platindrähten getragen, welche wie bei den gewöhnlichen Glühlampen in einen besonderen Glasteil nahe dem Sockel der Lampe eingeschmolzen

sind. Die Fäden sind etwa 0,1 *mm* stark und hintereinander geschaltet. Ihre gesamte Länge beträgt bei der Lampe von 25 Kerzen etwa 24 *cm*, bei derjenigen für 32 Kerzen etwa 28 *cm*. Sie zeigen ein matt-silbergraues Aussehen. Jeder Faden ist nahe der Biegung von einem Ärmchen lose gehalten. Letztere bestehen je aus einem zu einer Öse gebogenen Stäbchen aus Oxyden seltener Erden, wie sie zu Glühstrümpfen Verwendung finden. Sie sind in Glasstifte eingeschmolzen, die ihrerseits mit der Wand des Glasballons verschmolzen sind. Diese Halter haben den Zweck, die Osmiumfäden vor starken Erschütterungen zu schützen und sie während des Brennens der Lampe in ihrer Lage zu halten, da das Metall in der Weissglühhitze weich wird. Wegen des letzteren Umstandes darf die Lampe nur nach unten hängend benutzt werden.

Zur Herstellung der Fäden wird wahrscheinlich aus dem pulverförmigen Osmiummetall mit Hülfe gewisser Zusätze eine Paste bereitet, aus der man die Fäden presst. Beim Erhitzen verschwinden die Zusätze und das Metall sintert so innig zusammen, dass die Fäden genügende, wenn auch geringe Festigkeit erlangen.

Die Osmiumlampe wird für zwei Lichtstärken, 25 und 32 Kerzen und für Spannungen von 25 bis 42 Volt hergestellt. Die normalen Spannungen sind 37 und 40 Volt, sodass bei Betriebsspannungen von rund 110 oder 120 Volt jedesmal 3 Lampen hintereinander geschaltet werden können.

Der Energieverbrauch beträgt für beide Grössen 1,5 Watt pro Kerzenstärke, also etwa 55 % weniger wie bei der gebräuchlichen Kohlenglühlampe gleicher Lichtstärke und etwa 12 % weniger als bei der Nernstlampe, Modell 1902.

Im Anschluss an die unter **100** (S. 272) mitgeteilten allgemeinen Angaben über die Lampe soll die dort gegebene Darlegung ihrer Vorzüge und Nachteile auf Grund der nach Einführung der Lampe in die Öffentlichkeit bekannt gewordenen Tatsachen ergänzt werden.

Der Hauptvorzug der Osmiumlampe ist ihr geringer Energieverbrauch, durch den sie alle übrigen zur Zeit benutzten Glühlampen überragt. Dazu kommt, dass die Lichtstärke, nach den bisherigen Erfahrungen, während der ganzen Lebensdauer der Lampe nicht ab-, der Stromverbrauch nicht zunimmt, sodass die angegebene günstige Ökonomie bis zuletzt besteht. Ja man will häufig sogar eine Verminderung des spezifischen Verbrauches im Laufe der Brenndauer beobachtet haben. Aber selbst wenn letzteres auf Irrtum beruhte, ist die Osmiumlampe dennoch der Kohlenglühlampe, der Nernstlampe und dem Gasglühstrumpf in dieser Hinsicht überlegen, welche alle drei eine beträchtliche Abnahme der Lichtstärke und Zunahme des spezifischen Verbrauches mit der Dauer der Benutzung zeigen.

Die relativ hohe Lebensdauer der Lampe wurde schon unter **100** erwähnt. Die Fabrik garantiert zur Zeit 500 Brennstunden, gibt aber an, dass durchschnittlich 700 Stunden erreicht werden, während vereinzelt wesentlich höhere Beträge, bis 1500 Stunden vorkommen.

Ein weiterer Vorteil der Osmiumlampe besteht darin, dass sie gegen Spannungsschwankungen weniger empfindlich ist als die Kohlenglühlampe oder gar die Nernstlampe. Der Grund liegt darin, dass der Osmiumfaden, wie jedes Metall, seinen Widerstand bei zunehmender Temperatur erhöht, während bei der Kohle und bei glühenden Erdsubstanzen das Umgekehrte der Fall ist. Dieser Umstand macht auch das Hintereinanderschalten mehrerer Osmiumlampen weniger bedenklich. Der Osmiumfaden bedarf nicht, wie der Leuchtkörper der Nernstlampe, eines schützenden Vorschaltwiderstandes.

Endlich erglüht die Osmiumlampe, wie die gewöhnliche Kohlenglühlampe, sofort beim Einschalten des Stromes, worin ein weiterer grosser Vorzug vor der Nernstlampe besteht.

Die wesentlichen Nachteile, welche der Osmiumlampe noch anhaften, sind die folgenden:

Die niedere Spannung, für welche die Lampe wegen der relativ hohen Leitfähigkeit des Osmiums nur hergestellt werden kann und welche in Gleichstromanlagen stets zur Hintereinanderschaltung mehrerer Lampen nötigt. Dadurch geht die in kleinen Anlagen so wünschenswerte Unabhängigkeit der einzelnen Lampen voneinander verloren.

Die Lampe muss stets senkrecht nach unten hängen, weil die Osmiumfäden in der Weissglut weich werden. Man muss daher auf manchen hübschen Effekt verzichten, welcher sich bei anderen Glühlampen, welche jede beliebige Stellung gestatten, erzielen lassen. Indessen ist dieser Übelstand geringfügig und kommt für rein praktische Zwecke nicht in Betracht. Auch das Gasglühlicht lässt ja nur eine einzige Stellung zu.

Ein bedenklicher Punkt, ja die Bedingung für die Lebensfähigkeit der Lampe überhaupt ist, ob sich das Osmiummetall auf die Dauer in genügender Menge wird beschaffen lassen. Das Metall fand sich bisher nur in kleinen Quantitäten, mit dem Platin zusammen. Sein Preis beträgt zur Zeit etwa 5000 Mark für 1 *kg*. Allerdings enthält eine 25 kerzige Lampe nur etwa 30 Milligramm davon, sodass sich aus 1 *kg*, unter Berücksichtigung des unvermeidlichen Abfalles, etwa 20000 Lampen herstellen lassen. Aber bei einem Verbrauche im grossen erscheint diese Zahl nicht erheblich und die Frage, ob die Natur genügend Metall wird liefern können, wird kritisch. Einstweilen soll die Auer-Gesellschaft sich den Besitz eigener Bergwerke im Ural gesichert haben.

Der Preis einer Osmiumlampe ist zur Zeit 5 Mark. Für eine durchgebrannte, aber im übrigen unversehrte Lampe vergütet die Fabrik 75 Pfg. Dadurch ermässigt sich der Anschaffungspreis auf die Dauer auf 4,25 Mark pro Stück. Unter Berücksichtigung der langen Lebensdauer, die etwa das Doppelte von der der Kohlenglühlampe beträgt, braucht man bei auf gleicher Basis anzustellenden Vergleichen mit der letzteren nur 2,40 Mark einzusetzen.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass die Osmiumlampe in ihrer derzeitigen Gestalt sich hauptsächlich für grössere Anlagen mit zahlreichen Lampen eignet. Hier lassen sich die meisten Lampen zu Gruppen vereinigen, wobei die Hintereinanderschaltung weniger stört. Bei Kronleuchtern mit 12 und mehr Lampen z. B. kann man sie zu je 4 und mehr parallel und diese Gruppen dann erst hintereinander schalten. Brennt dann eine Lampe durch, so brennen alle übrigen weiter, wobei nur die mit ihr parallel angeordneten etwas mehr Strom erhalten, was ihnen vorübergehend, wie erwähnt, nicht viel schadet.[1])

Die Vorteile der Osmiumlampe kommen am meisten da zur Geltung, wo der Strom teuer ist, also bei den Abnehmern städtischer Zentralanlagen mit Dampfbetrieb und unterirdischem Leitungsnetz.

Liliput-Bogenlampe von Siemens & Halske. Die ums Jahr 1892 zuerst gebauten sogen. »kleinen Bogenlampen« für Stromstärken von 1 bis 2 Ampère haben sich nicht dauernd zu behaupten vermocht und sind allmählich wieder verschwunden. Sie waren Verkleinerungen der Nebenschlusslampen für grössere Stromstärken, enthielten also ein ebenso kompliziertes Regulierwerk wie diese und kosteten fast ebensoviel. Bei rund 110 Volt Betriebsspannung mussten stets zwei Lampen hintereinander geschaltet werden.

Geleitet von dem Bestreben, die elektrische Beleuchtung immer mehr zu verbilligen und dadurch dem zur Zeit alles beherrschenden Gasglühlichte wirksame Konkurrenz zu machen, bemühen sich neuerdings mehrere Fabriken, ganz einfach gebaute, billige und wenig Kohle verzehrende Bogenlampen für kleine Stromstärke einzuführen.

Als Typus einer derartigen Lampe soll die im Februar 1903 in die Öffentlichkeit gekommene sogen. Liliput-Bogenlampe von Siemens & Halske kurz beschrieben werden.

Es ist eine Hauptstromlampe (vergl. **86**) für **2 Ampère.** Da die eiförmige Glasglocke unten geschlossen ist und sich mit ihrem oberen, abgeschliffenen Rande fest gegen eine Dichtung aus Asbest-

[1]) Bei Wechselstrombetrieb ist man in der Lage, die Lampen alle einzeln schalten zu können, wenn man die verfügbare Spannung durch sogen. Drosselspulen, welche nur wenig Energie verzehren, in passender Weise unterteilt.

pappe legt, während die obere Kohle mit nur geringem Spielraume durch die die Glocke nach oben abschliessende Platte in die Glasglocke eintritt, so ist der Zutritt der Luft zum Lichtbogen, wenn auch nicht verhindert, so doch sehr beschränkt. Die Wirkung ist daher ähnlich wie bei den sogen. Dauerbrandlampen. Es verbrennt nur wenig Kohle und zugleich kann die Lampe mit langem Lichtbogen brennen. Sie verzehrt für sich allein etwa **80 Volt** und kann daher, in Verbindung mit einem passenden Vorschaltwiderstande, bei Betriebsspannungen von rund 110 Volt einzeln geschaltet werden.

Die mittlere räumliche Lichtstärke unterhalb der Horizontalen beträgt nach Messungen von Siemens & Halske ohne Glocke etwa 160 Kerzen (Hefner-Einheiten), mit matter Alabasterglasglocke etwa 130 Kerzen, der spezifische Energieverbrauch sonach ohne Glocke rund 1, mit matter Glocke rund 1,2 Watt pro Kerzenstärke. Mit Vorschaltwiderstand bei 110 Volt Betriebsspannung erhöhen sich diese Zahlen auf 1,37 bezw. 1,69 Watt pro Kerze.[1])

Wedding (ETZ 1903, Seite 446) fand bei einer derartigen, mit matter Glocke versehenen Lampe als maximale Lichtstärke (unter 40 bis 45°) 156 Kerzen, als mittlere hemisphärische Lichtstärke 130 Kerzen, als spezifischen Energieverbrauch, bei 110 Volt Spannung und 2,21 Ampère, 1,87 Watt pro Kerze.

Fig. 605 gibt die äussere Ansicht der Liliput-Lampe in $^1/_4$ der natürlichen Grösse. Ihre ganze Höhe beträgt nebst Glocke 320 *mm*, wovon etwa 220 auf das Oberteil, rund 100 auf die Glasglocke kommen. Das langgestreckte Oberteil enthält in einer Kapsel aus vernickeltem Messingblech (Durchmesser 60 *mm*) das Regulierwerk, zu welchem die Luft durch zahlreiche Löcher in der Blechkapsel zwecks Kühlung Zutritt hat.

Fig. 605.

Das Regulierwerk besteht aus der im Hauptstrome liegenden Drahtspule, dem zugehörigen Eisenkörper, der von diesem bewegten Klemmvorrichtung und zwei Dämpfungszylindern. Die Einrichtung ist somit nicht unähnlich der des Werkes der Dauerbrandlampen von Jandus und anderen. Um möglichst billige Herstellung zu erzielen, ist die Drahtspule (Länge rund 100 *mm*, Durchmesser 33 *mm*) aus unisoliertem Kupferdrahte von 1 *mm* Stärke gewickelt, den man durch Erhitzen mit einer schlecht leitenden Schicht

[1]) Die Ökonomie dieser Lampe ist daher nicht günstiger als diejenige der früheren »kleinen« Bogenlampen für rund 33 Volt. Vergl. hierüber Heim, ETZ 1893, S. 228.

von schwarzem Oxyd überzogen hat. Die einzelnen Lagen der Wickelung sind durch dünne Asbestpappe voneinander isoliert. Der Hohlraum der Spule enthält einen Eisenkern mit zentrischer Bohrung. Aussen wird die Drahtspule von einem Mantel aus 0,5 *mm* starkem Eisenblech in 5 *mm* Abstand umgeben. Kern und Mantel sind unterhalb der Spule durch eine Eisenplatte mit zentrischer Öffnung fest verbunden. Der ganze Eisenkörper ist in vertikaler Richtung um 10 *mm* beweglich. Die Schwere zieht ihn nach unten, der die Spule durchfliessende Strom nach oben.

An der unteren Platte des Eisenkörpers hängt die aus zwei Kniehebeln mit Krallen bestehende Klemmvorrichtung für die obere Kohle, sowie zwei kleine Dämpfungszylinder. Die in diesen gleitenden, gut eingeschliffenen Kolben sitzen an Stielen, die auf der unteren Grundplatte des Werkes befestigt sind. Sie sind in senkrechter Richtung unbeweglich, haben dagegen in wagrechter etwas Spielraum, wodurch Klemmen vermieden wird.

Die 190 *mm* lange obere Kohle befindet sich zum grösseren Teile in einem 7 *mm* weiten Messingrohre, das oberhalb der Klemmvorrichtung beginnt und sich durch die zentrische Bohrung des Eisenkernes erstreckt. Ihr oberes Ende steckt in einer kurzen, innerhalb dieses Rohres leicht beweglichen, federnden Hülse. Unten erhält sie durch die Klemmvorrichtung, sowie durch die enge Öffnung in dem Messingdeckel der Glasglocke Führung. Die untere Kohle steckt fest in einer Hülse, die von drei dünnen Stängelchen getragen wird, welche von dem eben genannten Verschlussdeckel nach unten gehen.

Bei stromloser Lampe sinkt die obere Kohle bis zur Berührung mit der unteren herab. Schaltet man ein, so wird der Eisenkörper von der erregten Drahtspule nach oben gezogen und die an ihm hängende Klemmvorrichtung nimmt die obere Kohle mit, wodurch der Lichtbogen gebildet wird. Wird infolge Abbrennens der Kohlen der Lichtbogen allmählich länger und damit die Stromstärke geringer, so lässt die Wirkung der Drahtspule nach und der Eisenkörper sinkt allmählich herab. Infolgedessen stösst schliesslich die die obere Kohle haltende Klemmvorrichtung auf die Grundplatte des Werkes auf, lockert sich dadurch und gibt die Kohle frei, welche ein Stück herabsinkt. Damit steigt aber die Stromstärke und der Eisenkörper wird nach oben gezogen, sodass die Klemmvorrichtung die Grundplatte verlässt, sich dabei schliesst und die Kohle wieder festhält.

Der Stromlauf geht von der positiven Klemme zu der mit dem Werkgehäuse verbundenen oberen Kohle und dann von dem isolierten unteren Kohlenhalter vermittels einer von Glasperlen umhüllten Kupferlitze durch die Drahtspule zur negativen Klemme. Eine Porzellanrolle isoliert die Aufhängung vom Gehäuse.

Beide Kohlen sind Dochtkohlen von 5 *mm* Durchmesser. Die Länge der oberen ist bereits angegeben; die der unteren beträgt 65 *mm*. Sie ragt jedoch (wenn neu) nur 55 *mm* aus der Fassung heraus. Die Brenndauer eines Kohlenpaares beträgt 16 bis 20 Stunden, je nachdem die Lampe seltener oder häufiger eingeschaltet wird. Der von der oberen Kohle verbleibende Rest kann dann als untere Kohle Verwendung finden. Die Lampe verbrennt pro Stunde für etwa $^1/_4$ Pfennig Kohlen.

Der Preis der kompletten Liliput-Lampe nebst Glocke beträgt 25 Mark, der des zugehörigen Vorschaltwiderstandes (aus Nickelindraht von 0,5 *mm* bestehend, der auf einen Porzellanzylinder aufgewunden und von einem Blechmantel lose umgeben ist) 3 Mark. 100 Kohlen von 190 *mm* Länge kosten 4 Mark.

Die Liliput-Bogenlampe ist hauptsächlich für grössere Wohnräume bestimmt und kann sogar als Tischlampe benutzt werden. Eine Anzahl geeigneter Armaturen, um sie als Hängelampe, Wandarm- und Stehlampe, sowie als Kronleuchter mit Glühlampen zusammen verwenden zu können, werden von der Firma Siemens & Halske in den Handel gebracht.

Zu Abschnitt IV.

Der selbsttätige Regulator von Thury (beschrieben Seite 315 und 316) wird in dieser Form jetzt nicht mehr gebaut. Eine neue Konstruktion, die von H. Cuénod in Genf geliefert wird, ist beschrieben und abgebildet ETZ 1902, Seite 1017.

Die »Akkumulatoren-Fabrik, Aktien-Gesellschaft« in Berlin und Hagen baut keine Schaltapparate mehr. Die Fig. 246, 247, 248, 385 und 388 abgebildeten Apparate werden daher nicht mehr fabriziert.

Die Firma Dr. Paul Meyer, A.-G., in Berlin hat einen selbsttätigen Zellenschalter konstruiert, der demselben Zwecke wie der eben erwähnte, eingegangene Apparat (Fig. 246 bis 248) der A.-A.-G. dient. Er ist ETZ 1902, Seite 174 beschrieben.

Zu Abschnitt V.

160. Blitzschutzvorrichtungen. Über die Bewährung der verschiedenen, zur Zeit gebräuchlichen Arten von Starkstrom-Blitzschutzvorrichtungen im praktischen Betriebe hat der »Elektrotechnische Verein« in Berlin umfangreiche Erhebungen angestellt, deren sehr beachtenswerte Ergebnisse ETZ 1903, Seite 351 abgedruckt sind.

Anhang.

Sicherheitsvorschriften
für die
Errichtung elektrischer Starkstromanlagen für Niederspannung,
aufgestellt vom
»Verbande Deutscher Elektrotechniker.« [1])

Diese Vorschriften sind festgesetzt nach den Beschlüssen der Sicherheits-Kommission zu Jena vom 12. bis 15. Januar 1903. Sie gelten für elektrische Starkstromanlagen, beziehungsweise diejenigen Teile derselben, deren effektive Gebrauchsspannung zwischen irgend zwei gegen Erde isolierten Leitungen 500 Volt nicht überschreitet und bei denen gleichzeitig die effektive Spannung zwischen irgend einer Leitung und Erde 250 Volt nicht überschreiten kann; ausgenommen sind jedoch unterirdische Leitungsnetze, elektrische Bahnen und elektrochemische Betriebsapparate. Bei Akkumulatoren ist die Entladespannung massgebend.

A. Allgemeines.

§ 1. **Pläne.** Für jede Starkstromanlage soll bei Fertigstellung ein Plan und ein Schaltungsschema hergestellt werden.

Der Plan soll enthalten:

a) Bezeichnung der Räume nach Lage und Verwendung. Besonders hervorzuheben sind feuchte oder durchtränkte Räume und solche, in welchen ätzende oder leicht entzündliche Stoffe oder explosible Gase vorkommen.

b) Lage, Querschnitt und Isolierungsart der Leitungen. Der Querschnitt wird in Quadratmillimetern ausgedrückt neben die Leitungslinien gesetzt. Die Isolierungsart wird durch die unten angeführten Buchstaben bezeichnet.

c) Art der Verlegung (Isolierglocken, Rollen, Ringe, Rohre usw.); hierfür sind ebenfalls nachstehend Bezeichnungen angegeben.

d) Lage der Apparate und Sicherungen.

e) Lage und Art der Lampen, Elektromotoren und sonstigen Stromverbraucher.

Das Schaltungsschema soll enthalten:

Querschnitte der Hauptleitungen und Abzweigungen von den Schalttafeln mit Angabe der Belastung in Ampère.

Bei elektrischen Betriebsanlagen ist auch das Schaltungsschema der Stromerzeugungsanlage beizulegen.

Die Vorschriften dieses Paragraphen gelten auch für alle Abänderungen und Erweiterungen.

Der Plan und das Schaltungsschema sind von dem Besitzer der Anlage aufzubewahren.

---

[1]) (Der Abdruck an dieser Stelle ist vom »Verband Deutscher Elektrotechniker« besonders genehmigt.)

Für die Pläne sind folgende Bezeichnungen anzuwenden:

X = Feste Glühlampe.

~X = Bewegliche Glühlampe.

5 = Fester Lampenträger mit Lampenzahl (5).

3 = Beweglicher Lampenträger mit Lampenzahl (3).

Obige Zeichen gelten für Glühlampen jeder Kerzenstärke, sowie für Fassungen mit und ohne Hahn.

6 = Bogenlampe mit Angabe der Stromstärke (6 A).

6 D = Dauerbrandlampe mit Angabe der Stromstärke (6 A).

10 = Dynamomaschine bezw. Elektromotor jeder Stromart mit Angabe der höchsten zulässigen Beanspruchung in Kilowatt.

= Akkumulatoren.

6 = Wandfassung, Anschlussdose mit Angabe der Stromstärke (6 A).

6 6 6 = Einpoliger bezw. zweipoliger bezw. dreipoliger Ausschalter mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (6 A).

3 = Umschalter, desgl.

= Sicherung (an der Abzweigstelle).

10 = Widerstand, Heizapparate u. dergl. mit Angabe der höchsten zulässigen Stromstärke (10 A).

10 = Desgl., beweglich angeschlossen.

7,5 = Transformator mit Angabe der Leistung in Kilowatt (7,5).

= Drosselspule.

= Blitzschutzvorrichtung.

= Spannungssicherung.

= Erdung.

= Blitzpfeil.

5 20 = Zweileiter bezw. Dreileiter- oder Drehstromzähler mit Angabe des Messbereichs (5 bezw. 20 KW).

= Zweileiterschalttafel.

= Dreileiterschalttafel oder Schalttafel für mehrphasigen Wechselstrom.

= Einzelleitung.

= Hin- und Rückleitung.

= Dreileiter oder Drehstromleitung.

= Fest verlegte Mehrfachleitung jeder Art.

= Nach oben führende Steigleitung.

↙ = Nach unten führende Steigleitung.
◒ = Holzmast.
● = Eisenmast.
BC Blanker Kupferdraht.
BE Blanker Eisendraht.
GB Gummibandleitung.
GA Gummiaderleitung.
MB Mehrfach-Gummibandleitung.
MA Mehrfach-Gummiaderleitung.
PA Panzerader.
FA Fassungsader.
SB Gummibandschnur.
SA Gummiaderschnur.
PL Pendelschnur.
KB Blanke Kabel.
KA Asphaltierte Kabel.
KE Armierte asphaltierte Kabel.
(g) Verlegung auf Isolierglocken.
(r) Verlegung auf Rollen oder Ringen.
(k) Verlegung auf Klemmen.
(o) Verlegung in Rohren.
(f) Schutz durch Eisen.
(l) Schutz durch isolierende Verkleidung.
(n) Schutznetz.
(e) Schutz durch Erdung.

§ 2. Isolation.

a) Vor Inbetriebsetzung einer Anlage ist durch Isolationsprüfung, womöglich mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 100 Volt, festzustellen, ob Isolationsfehler vorhanden sind. Das gleiche gilt von jeder Erweiterung der Anlage.

b) Bei diesen Messungen muss nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und der Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen verschiedenen Potentiales gegeneinander gemessen werden; im letzteren Falle müssen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motore oder andere Strom verbrauchende Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Reihenstromkreise dürfen jedoch nur an einer einzigen Stelle geöffnet werden, die möglichst nahe der Mitte zu wählen ist. Dabei müssen die Isolationswiderstände den Bedingungen des Absatzes d) genügen.

c) Bei Isolationsmessung durch Gleichstrom gegen Erde soll, wenn möglich, der negative Pol der Stromquelle an die zu messende Leitung gelegt werden und die Messung soll erst erfolgen, nachdem die Leitung während zwei Minuten der Spannung ausgesetzt war.

d) Der Isolationszustand einer Anlage, mit Ausnahme der Teile unter e) und f) soll derart sein, dass der Stromverlust auf jeder Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen oder hinter der letzten Sicherung bei der Betriebsspannung ein Milliampère nicht überschreitet. Der Isolationswert einer derartigen Leitungsstrecke muss hiernach wenigstens betragen: 1000 Ω multipliziert mit der Voltzahl der Betriebsspannung (z. B. 220000 Ω für 220 Volt Betriebsspannung).

e) Diejenigen Teile von Anlagen, welche in feuchten Räumen, z. B. in Brauereien, Färbereien, Gerbereien usw. installiert sind, brauchen der Vorschrift des Absatzes d) nicht zu genügen, sollen aber mit möglichster Sorgfalt isoliert sein. Wo eine grössere Anlage feuchte Teile enthält, müssen dieselben bei der Messung nach b) und c) abgeschaltet sein und die trockenen Teile müssen der Vorschrift unter d) genügen.

f) Der Isolationswiderstand von Freileitungen muss bei feuchtem Wetter mindestens 20000 Ω für das Kilometer einfacher Länge betragen.

§ 3. Definitionen.

a) Vacat.

b) Erdung. Einen Gegenstand im Sinne dieser Vorschrift erden, heisst ihn mit der Erde derart leitend verbinden, dass er eine für unisoliert stehende Personen gefährliche Spannung nicht annehmen kann.

c) Feuersichere Gegenstände. Als feuersicher gilt ein Gegenstand, der nicht entzündet werden kann oder nach Entzündung nicht von selbst weiter brennt.

d) Freileitungen. Als Freileitungen gelten alle oberirdischen Leitungen ausserhalb von Gebäuden, die weder metallische Umhüllung noch Schutzverkleidung haben. Schutznetze, Schutzleisten und Schutzdrähte gelten nicht als Verkleidung.

e) Elektrische Betriebsräume. Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, welche wesentlich zur Erzeugung, Umformung oder Verteilung elektrischer Ströme dienen und in der Regel nur instruiertem Personal zugänglich sind.

f) Betriebsstätten. Im Gegensatze zu den elektrischen Betriebsräumen werden als Betriebsstätten alle diejenigen Räume bezeichnet, in welchen andere als elektrische Betriebsarbeiten normalerweise vorgenommen werden.

g) Feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als feuergefährliche Betriebsstätten und Lagerräume gelten Räume, in welchen leicht entzündliche Gegenstände erzeugt oder angehäuft werden.

h) Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume. Als explosionsgefährlich gelten Räume, in denen explosible Stoffe aufgespeichert werden, oder in denen sich betriebsmässig explosible Gemische von Gasen, Staub oder Fasern bilden oder anhäufen können.

B. Beschaffenheit des zu verwendenden Materials.

Alles zu verwendende Material muss, soweit nicht in folgendem Ausnahmen gemacht sind, den Normalien des Verbandes entsprechen.[1])

§ 4. Schalt- und Verteilungstafeln.

a) Für den Aufbau von Schalt- und Verteilungstafeln darf im allgemeinen Holz nicht verwendet werden; nur für Verteilungstafeln bis 0,5 *qm* ist es als Konstruktions-, nicht aber als Isolationsmaterial zulässig; zur Umrahmung darf es überall benutzt werden. Schalter und alle Apparate, in denen betriebsmässig Stromunterbrechung stattfindet, müssen derart angeordnet sein, dass etwa im Betriebe der elektrischen Einrichtungen auftretende Feuererscheinungen nicht zündend auf die Nachbarschaft wirken und keine Kurz- oder Erdschlüsse herbeiführen können.

b) Bei Schalttafeln, die betriebsmässig auf der Rückseite zugänglich sind, darf die Entfernung zwischen ungeschützten, stromführenden Teilen der Schalttafel und der gegenüberliegenden Wand nicht weniger als 1 *m* betragen. Sind an der letzteren ungeschützte stromführende Teile in erreichbarer Höhe vorhanden, so muss die horizontale Entfernung bis zu denselben 2 *m* betragen und der Zwischenraum durch Geländer geteilt sein.

c) Die Kreuzung stromführender Teile an Schalt- und Verteilungstafeln ist möglichst zu vermeiden. Ist dies nicht erreichbar, so sind die stromführenden Teile durch Isolierung voneinander zu trennen, oder derart in genügendem Abstand voneinander zu befestigen, dass Berührung ausgeschlossen ist.

d) Die Polarität bezw. Phase von Leitungsschienen, die hinter der Schalttafel liegen, ist durch farbigen Anstrich kenntlich zu machen.

---

[1]) Die hier in Betracht kommenden Normalien sind:
1. Normen über einheitliche Kontaktgrössen und Schrauben.
2. Normalien und Kaliberlehren für Lampenfüsse und Fassungen mit Edisongewinde.
3. Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.
4. Normalien für elektrische Maschinen und Transformatoren.
5. Normalien für Leitungen (einschliesslich Kupfernormalien).

e) An Verteilungstafeln, welche nicht von der Rückseite aus zugänglich sind, müssen die Leitungen nach Befestigung der Tafel angeschlossen und die Anschlüsse jederzeit von vorn kontrolliert und gelöst werden können.

f) Die Sicherungen auf den Verteilungstafeln sind mit Bezeichnungen zu versehen, aus denen hervorgeht, zu welchen Räumen bezw. Gruppen von Stromverbrauchern sie gehören.

g) Im übrigen wird bezüglich der Ausrüstung der Schalt- und Verteilungstafeln auf die §§ 10 bis 14 verwiesen.

Leitungsmaterial.

§ 5. Beschaffenheit und Belastung des Leitungskupfers.

a) Leitungskupfer muss den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechen. Ausnahmen hiervon sind bei Drähten zulässig, die für Freileitungen bestimmt sind.

b) Isolierte Kupferleitungen und nicht unterirdisch verlegte Kabel dürfen höchstens mit den in nachstehender Tabelle verzeichneten Stromstärken dauernd belastet werden.

Querschnitt in Quadratmillimetern	Betriebsstromstärke in Ampère	Querschnitt in Quadratmillimetern	Betriebsstromstärke in Ampère
0,75	4	95	165
1	6	120	200
1,5	10	150	235
2,5	15	185	275
4	20	240	330
6	30	310	400
10	40	400	500
16	60	500	600
25	80	625	700
35	90	800	850
50	100	1000	1000
70	130		

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 *qmm* unterliegen gleichfalls den Vorschriften der vorstehenden Tabelle, blanke Kupferleitungen über 50 und unter 1000 *qmm* Querschnitt können mit 2 Ampère für das Quadratmillimeter belastet werden. Auf Freileitungen finden die vorstehenden Zahlenbestimmungen keine Anwendung.

Bei intermittierendem Betriebe ist eine Erhöhung der Belastung über die Tabellenwerte zulässig, sofern dadurch keine grössere Erwärmung als bei der der Tabelle entsprechenden Dauerbelastung entsteht.

c) Der geringste zulässige Querschnitt für isolierte Kupferleitungen ist 1 *qmm*, an und in Beleuchtungskörpern $^3/_4$ *qmm*. Der geringste zulässige Querschnitt von offen verlegten blanken Kupferleitungen in Gebäuden ist 4 *qmm*, bei Freileitungen 6 *qmm*.

d) Bei Verwendung von Leitern aus anderen Metallen müssen die Querschnitte so gewählt werden, dass sowohl Festigkeit wie Erwärmung durch den Strom den im vorigen für Kupfer gegebenen Querschnitten entspricht.

§ 6. Leitungen.

a) Im nächstfolgenden werden behandelt: Drahtleitungen, Schnurleitungen und Kabel.

b) Drahtmaterialien für Maschinen und Apparate unterliegen den Bestimmungen dieser Vorschriften nicht.

§ 7. Drahtleitungen.

a) Blanke Leitungen. Hierher gehören blanker Kupferdraht, verzinnter Kupferdraht, verbleiter Kupferdraht, verzinkter oder verzinnter Eisendraht, Aluminiumdraht, Draht von Siliciumbronze usw.

Für andere als Kupferdrähte vergl. § 5 d).

b) Gummibanddrähte
c) Gummiaderdrähte
d) Mehrfachdrahtleitungen
e) Fassungsadern

} siehe Normalien für Leitungen.

f) Gepanzerte Drahtleitungen bestehen aus je 2 oder mehreren nach c) isolierten Drähten, die mit einer gemeinsamen Hülle und darüber mit einer dichten Metallumklöppelung versehen sind. Gepanzerte Leitungen dürfen nicht direkt in die Erde verlegt werden, sind aber im übrigen den armierten Bleikabeln gleichgestellt.

g) Drahtleitungen anderer Art dürfen nur verwendet werden, wenn sie der in den Normalien für Gummiaderdrähte beschriebenen Wasserprobe, event. unter sinngemässer Modifikation der Bedingungen genügen.

§ 8. Schnüre (biegsame Leitungen).

a) Gummibandschnüre
b) Gummiaderschnüre
c) Pendelschnüre

} siehe Normalien für Leitungen.

d) Gepanzerte Schnurleitungen bestehen aus je 2 oder mehreren nach 8 b) isolierten Schnüren, die mit einer gemeinsamen Hülle und darüber mit einer dichten Metallumklöppelung versehen sind. Gepanzerte Schnurleitungen dürfen nicht direkt in Erde verlegt werden, sind aber im übrigen den armierten Bleikabeln gleichgestellt.

§ 9. Kabel.

a) Blanke Bleikabel (Bezeichnung KB) bestehen aus einer oder mehreren Kupferseelen, starken Isolierschichten und einem wasserdichten einfachen oder mehrfachen Bleimantel. Sie sind nur zu verwenden, wenn sie gegen mechanische und gegen chemische Beschädigungen geschützt sind.

b) Asphaltierte Bleikabel (Bezeichnung KA) wie die vorigen, aber mit asphaltiertem Faserstoff umwickelt; sie müssen gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein.

c) Armierte asphaltierte Bleikabel (Bezeichnung KE) wie die vorigen und mit Eisenband oder -draht armiert.

d) Bei eisenarmierten Kabeln für Ein- oder Mehrphasenstrom müssen sämtliche zu einem Stromkreis gehörigen Leitungen in demselben Kabel enthalten sein.

Apparate.

§ 10. Allgemeines.

a) Die äusseren stromführenden Teile sämtlicher Apparate (Ausnahme siehe § 12) müssen auf feuersicheren und, soweit sie nicht betriebsmässig geerdet sind, auf in dem Verwendungsraum isolierenden Unterlagen montiert sein.

b) Apparate sind derart zu bemessen, dass sie durch den stärksten normal vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Temperatur annehmen können.

c) Die Verbindung der Leitungen mit den Apparaten ist durch Schrauben oder gleichwertige Mittel auszuführen.

Schnüre oder Drahtseile bis zu 6 *qmm* und Einzeldrähte bis zu 25 *qmm* Kupferquerschnitt können mit angebogenen Ösen an die Apparate befestigt werden. Drahtseile über 6 *qmm*, sowie Drähte über 25 *qmm* Kupferquerschnitt müssen mit Kabelschuhen oder gleichwertigen Verbindungsmitteln versehen sein. Schnüre und Drahtseile von weniger als 6 *qmm* Querschnitt müssen, wenn sie nicht gleichfalls Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden verlötet sein; zum Löten darf die offene Flamme nicht verwendet werden.

d) Apparate müssen so konstruiert sein, dass der für die anzuschliessenden Drähte vorgeschriebene Abstand von der Wand auch an den Einführungsstellen gewahrt werden kann.

e) Alle Apparate müssen derart konstruiert und angebracht sein, dass eine Verletzung von Personen durch Splitter, Funken und geschmolzenes Material ausgeschlossen ist.

§ 11. Ausschalter und Umschalter.

a) Alle Schalter, welche ausserhalb elektrischer Betriebsräume verwendet werden sollen, müssen Momentschalter sein, die so konstruiert sind, dass beim Öffnen unter normalem Betriebsstrom kein dauernder Lichtbogen entstehen kann.

b) Metallkontakte sind so zu bemessen, dass bei normalem Betriebsstrom keine ungehörige Erwärmung eintritt. Die Erwärmung gilt als ungehörig,

1. bei Dosenausschaltern, wenn die Übertemperatur der Dose 10° C überschreitet,

2. bei Hebelausschaltern, wenn die Übertemperatur der Kontakte 50° C überschreitet.

c) Schalter ausserhalb elektrischer Betriebsräume müssen Gehäuse haben. Gehäuse, soweit sie der Berührung zugänglich sind, und Griffe müssen aus nicht leitendem Material bestehen oder mit einer haltbaren Isolierschicht überzogen sein. Für Griffe und Kuppelungsstangen ist Holz zulässig.

d) Die normale Betriebsstromstärke und Spannung, für die ein Schalter gebaut ist, sind auf dem festen Teil zu vermerken.

e) Wegen der zulässigen Grössenstufen siehe die Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterialien.

Ausgenommen von den Bestimmungen unter c) und d) sind die Ausschalter in elektrischen Betriebsräumen, sowie diejenigen, welche im Freien in unzugänglicher Lage angebracht sind, vergl. § 23.

§ 12. Steckkontakte und dergl.

a) Stecker und verwandte Vorrichtungen zum Anschluss beweglicher Leitungen müssen so konstruiert sein, dass sie nicht in Kontakte für höhere Stromstärken passen.

Die normale Betriebsstromstärke und Spannung sind auf dem festen Teil und auf dem Stecker sichtbar zu vermerken.

b) Kontaktvorrichtungen zum Anschluss beweglicher Leitungen müssen, wenn sie Sicherungen enthalten, konstruktionsmässig allpolig gesichert sein; siehe § 32b.

c) Bei Steckern, welche für trockene Räume bestimmt sind, darf Hartgummi als Isoliermaterial verwendet werden.

§ 13. Widerstände und Heizapparate.

a) Die stromführenden Teile von Widerständen und Heizapparaten sind auf feuersicherer gut isolierender Unterlage zu montieren, und soweit sie nicht für elektrische Betriebsräume bestimmt sind, mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material zu verkleiden.

b) Widerstände sind so zu bemessen, dass sie im normalen Betriebe keine für den Betrieb oder die Umgebung bedenkliche Temperatur annehmen.

§ 14. Schmelzsicherungen.

a) Die Abschmelzstromstärke einer Sicherung soll das Doppelte ihrer Normalstromstärke sein. Sicherungen bis einschliesslich 50 Ampère Normalstromstärke müssen mindestens den $1^1/_4$-fachen Normalstrom dauernd tragen können; vom kalten Zustande aus plötzlich mit der doppelten Normalstromstärke belastet, müssen sie in längstens 2 Minuten abschmelzen.

b) Die Sicherungen müssen einzeln bei der Betriebsspannung sicher funktionieren, solche, die für Strom bis zu 30 Ampère bestimmt sind, auch bei der um 10% erhöhten Betriebsspanuung. Zur Sicherheit der Funktion gehört, dass sie abschmelzen, ohne einen dauernden Lichtbogen zu erzeugen, und dass die etwaigen Explosionserscheinungen ungefährlich verlaufen. (Vergleiche die Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial.)

c) Bei Sicherungen dürfen weiche, plastische Metalle und Legierungen nicht unmittelbar den Kontakt vermitteln, sondern die Schmelzdrähte oder Schmelzstreifen müssen in Kontaktstücke aus Kupfer oder gleichgeeignetem Metall eingelötet sein.

d) Sicherungen von 6 bis 30 Ampère müssen in dem Sinne unverwechselbar sein, dass die fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Einsätzen für zu hohe Stromstärken ausgeschlossen ist.

e) Die Normalstromstärke und die Maximalspannung sind auf dem Einsatz der Sicherung zu verzeichnen.

Isolier- und Befestigungskörper.

§ 15. Holzleisten sind verboten, Krampen sind nur zur Befestigung von betriebsmässig geerdeten Leitungen zulässig, sofern dafür gesorgt ist, dass der Leiter weder mechanisch noch chemisch durch die Art der Befestigung geschädigt wird.

§ 16. Isolierglocken, -Rollen und -Ringe.

a) Isolierglocken, -Rollen und -Ringe sollen aus Porzellan, Glas oder gleichwertigem Material bestehen.

b) Sie müssen so geformt sein, dass die an ihnen zu befestigenden Leitungen in genügendem Abstand von den Befestigungsflächen gehalten werden können. Vergl. § 29.

§ 17. Klemmen.

a) Klemmen müssen, soweit sie nicht für Bleikabel bestimmt sind, aus hartem Isoliermaterial oder entsprechend isoliertem Metall bestehen.

b) Sie müssen so geformt sein, dass die an ihnen zu befestigenden Leitungen in genügendem Abstand von den Befestigungsflächen gehalten werden können.

§ 18. Rohre.

a) Bei Metall- und Isolierrohren, in denen Leitungen verlegt werden sollen, muss die lichte Weite, sowie die Anzahl und der Radius der Krümmungen so gewählt sein, dass man die Drähte jederzeit leicht einziehen und entfernen kann. Die Rohre müssen ferner so eingerichtet sein, dass die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

b) Rohre, die für mehr als einen Draht bestimmt sind, müssen mindestens 11 *mm* lichte Weite haben.

Lampen und Zubehör.

§ 19. Glühlampen und Fassungen.

a) Die stromführenden Teile der Fassungen müssen auf feuersicherer Unterlage montiert und durch feuersichere Umhüllung, die jedoch nicht unter Spannung gegen Erde stehen darf, vor Berührung geschützt sein.

b) Materialien, die entzündlich oder hygroskopisch sind oder in der Wärme Formveränderungen erleiden, dürfen nicht als Bestandteile von Fassungen verwendet werden.

c) Fassungen für Spannungen über 250 Volt dürfen keine Ausschalter haben.

Die Ausschalter an Fassungen für niedrigere Spannung müssen den Bedingungen des § 11 Absatz a) genügen.

d) Die unter Spannung stehenden Teile der Lampen müssen der zufälligen Berührung entzogen sein.

e) Glühlampen, die in der Nähe von entzündlichen Stoffen angebracht werden sollen, müssen mit Schalen, Schirmen, Schutzgläsern oder Drahtgittern versehen sein, durch welche die Berührung der Lampen mit den entzündlichen Stoffen verhindert wird.

[illegible]

§ [illegible]

[illegible]

C. Verlegungsvorschriften

1. Erdung.

§ 22.

a) Alle Verbindungen in Erdungen [illegible] gestellt sein. [illegible] erdenden Gegenstand [illegible]

b) Der Querschnitt der Erdungs[illegible] wartenden Erdschlussstromstärken zu [illegible] gegen mechanische und chemische Beschädigungen [illegible]

c) Es ist für möglichst geringen Erdungswiderstand [illegible]

Als Elektroden dienen Platten, Drahtnetze [illegible]

Rohrleitungen können zur Erdung mitbenutzt werden, dürfen aber nicht als ausschliessliche Erdung dienen.

d) Die in einem Gebäude befindlichen Erdungsleitungen müssen sämtlich unter sich gut leitend verbunden sein.

e) Es ist verboten, Strecken einer isolierten Rückleitung durch Erde allein zu ersetzen.

f) Der neutrale Mittelleiter von Gleichstrom-Dreileiteranlagen muss geerdet sein.

2. Freileitungen.

§ 23.

a) Bei Freileitungen kann, wenn die Festigkeitsrücksichten es wünschenswert machen, Kupfer verwendet werden, welches den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker nicht entspricht.

b) Der geringste zulässige Metallquerschnitt von blanken oder isolierten Freileitungen aus Kupfer ist 6 *qmm*.

c) Freileitungen können mit grösseren Stromstärken belastet werden, als der Tabelle in § 5 entspricht.

d) Freileitungen dürfen nur auf Porzellanglocken oder gleichwertigen Isoliervorrichtungen verlegt werden, wobei die Glocken in aufrechter Stellung zu befestigen sind.

e) Freileitungen müssen mindestens 5 *m* von der Erdoberfläche entfernt sein.

f) Den örtlichen Verhältnissen entsprechend sind Freileitungen durch Blitzschutzvorrichtungen zu sichern, die auch bei wiederholten Entladungen wirksam bleiben.

g) Freileitungen sowie Apparate an Freileitungen sind so anzubringen, dass sie ohne besondere Hülfsmittel nicht zugänglich sind.

h) Sofern in Freileitungen Transformatoren vorkommen, ist die Vorschrift § 25 b) zu befolgen.

i) Bezüglich der Sicherung vorhandener Telephon- und Telegraphenleitungen wird auf das Reichs-Telegraphengesetz vom 6. April 1892 und auf das Telegraphenwegegesetz vom 18. Dezember 1899 verwiesen.

3. Einführung von Freileitungen in Gebäude.

§ 24. Bei Einführung von Freileitungen aus dem Freien in Gebäude sind entweder die Drähte frei und straff durchzuspannen, oder es muss für jede Leitung ein isolierendes und feuersicheres Einführungsrohr verwendet werden, welches auf der Aussenseite des Gebäudes eine trichterförmig nach unten gerichtete Mündung hat.

4. Anlagen in Gebäuden.

4 a. Gebäude im allgemeinen.

§ 25. Aufstellung von Generatoren, Motoren und Transformatoren.

a) Generatoren, Motoren, rotierende Umformer usw. sind so aufzustellen, dass etwaige im Betriebe der elektrischen Einrichtung auftretende Feuererscheinungen keine Entzündung von brennbaren Stoffen hervorrufen können.

b) Der Übertritt höherer Spannung in Stromkreise für niedrigere Spannung sowie das Entstehen hoher Spannung in den letzteren muss verhindert bezw. ungefährlich gemacht werden, z. B. durch erdende oder kurzschließende oder abtrennende Sicherungen oder durch dauernde Erdung geeigneter Punkte.

§ 26. Leitungen im allgemeinen.

a) Alle Leitungen müssen so verlegt werden, dass sie nach Bedarf geprüft und ausgewechselt werden können.

Für unterirdisch verlegte Kabel gilt diese Vorschrift nur bezüglich der Prüfung.

b) Soweit festverlegte Leitungen der mechanischen Beschädigung ausgesetzt sind oder soweit sie im Handbereich liegen, müssen sie durch Verkleidungen geschützt werden, die so hergestellt sein sollen, dass die Luft frei durchstreichen kann. Rohre gelten als Schutzverkleidung. Armierte Bleikabel und metallumhüllte Leitungen, sowie sämtliche Leitungen in elektrischen Betriebsräumen unterliegen dieser Vorschrift nicht.

c) Bewegliche biegsame Leitungen dürfen an festverlegte Leitungen nur mittels lösbarer Kontakte, § 12, angeschlossen werden.

d) Die Verbindung von Leitungen untereinander, sowie die Abzweigung von Leitungen geschieht mittels Lötung, Verschraubung oder gleichwertiger Verbindung.

Abzweigungen von festverlegten Mehrfachleitungen nach § 8 müssen mit Abzweigklemmen auf isolierender Unterlage ausgeführt werden.

e) Zum Löten dürfen keine Lötmittel verwendet werden, welche das Metall angreifen.

f) Bei Verbindungen oder Abzweigungen von isolierten Leitungen ist die Verbindungsstelle in einer der sonstigen Isolierung möglichst gleichwertigen Weise zu isolieren. Die Anschluss- und Abzweigstellen müssen von Zug entlastet sein.

g) Kreuzungen von stromführenden Leitungen unter sich und mit sonstigen Metallteilen sind so auszuführen, dass Berührung ausgeschlossen ist. Kann kein genügender Abstand eingehalten werden, so sollen isolierende Rohre übergeschoben oder isolierende Platten dazwischen gelegt werden, um die Berührung zu verhindern. Rohre und Platten sind sorgfältig zu befestigen und gegen Lageveränderung zu schützen.

h) Bei Einrichtungen, bei denen ein Zusammenlegen von mehr als 3 Leitungen unvermeidlich ist (z. B. Reguliervorrichtungen) dürfen Gummiaderleitungen so verlegt werden, dass sie sich berühren, wenn eine Lagenveränderung ausgeschlossen ist.

§ 27. **Wand- und Deckendurchführungen.**

a) Durch Wände und Decken sind die Leitungen entweder der in den betreffenden Räumen gewählten Verlegungsart entsprechend hindurchzuführen oder es sind haltbare Rohre aus Isoliermaterial zu verwenden, und zwar für jede einzeln verlegte Leitung und für jede Mehrfachleitung je ein Rohr.

Diese Durchführungsrohre müssen an den Enden mit Tüllen aus feuersicherem Isoliermaterial versehen und so weit sein, dass die Drähte leicht darin bewegt werden können.

In feuchten Räumen sind entweder Porzellanrohre zu verwenden, deren Enden nach Art der Isolierglocken ausgebildet sind, oder die Leitungen sind frei durch genügend weite Kanäle zu führen.

Über Fussböden müssen die Rohre mindestens 10 *cm* vorstehen und gegen mechanische Beschädigungen sorgfältig geschützt sein.

b) Armierte Bleikabel, metallumhüllte Leitungen, sowie betriebsmässig geerdete Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen dieses Paragraphen, sind aber gegen die Einflüsse der Mauerfeuchtigkeit zu schützen, z. B. durch Anstrich.

§ 28. **Blanke Leitungen in Gebäuden.**

a) Offen verlegte blanke Leitungen aus Kupfer oder anderen Metallen von mindestens gleicher Bruchfestigkeit müssen einen Minimalquerschnitt von 4 *qmm* haben.

b) Sie dürfen nur auf Isolierglocken oder gleichwertigen Vorrichtungen verlegt werden und müssen, soweit sie nicht unausschaltbare Parallelzweige sind, bei Spannweiten von mehr als 6 *m* mindestens 20 *cm*, bei Spannweiten von 4 bis 6 *m* mindestens 15 *cm* und bei kleineren Spannweiten mindestens 10 *cm* voneinander, in allen Fällen aber mindestens 10 *cm* von der Wand bezw. von Gebäudeteilen entfernt sein.

Bei Verbindungsleitungen zwischen Akkumulatoren, Maschinen und Schalttafeln bei Zellenschalterleitungen und bei parallel geführten Speise-, Steig- und Verteilungsleitungen können starke Kupferschienen sowie starke Kupferdrähte in kleineren Abständen voneinander verlegt werden.

c) Blanke Leitungen ausserhalb elektrischer Betriebs- und Akkumulatorenräume sind gegen zufällige Berührung zu schützen.

d) Betriebsmässig geerdete blanke Leitungen fallen nicht unter die Bestimmungen b) und c) dieses Paragraphen, müssen aber gegen die bei normaler Benutzung des betreffenden Raumes vorauszusetzenden Beschädigungen geschützt sein.

Isolierte Drähte und Schnurleitungen.

§ 29. Verlegung mit Glocken, Rollen, Ringen und Klemmen.

a) Glocken sollen nur in aufrechter Stellung bezw., wenn eine Neigung nicht zu vermeiden ist, so angebracht werden, dass sich kein Wasser in ihnen ansammeln kann.

b) Glocken, Rollen, Ringe und Klemmen, die zur Verlegung von Draht- und Schnurleitungen dienen, müssen so angebracht werden, dass sie die Leitungen mindestens 10 *mm* von der Wand entfernt halten.

c) Bei Führung der Leitungen auf Rollen längs der Wand muss auf höchstens 80 *cm* eine Befestigungsstelle kommen. Bei Führung an der Decke können den örtlichen Verhältnissen entsprechend grössere Abstände ausnahmsweise gewählt werden.

d) Mehrfachleitungen dürfen nicht so befestigt werden, dass ihre Einzelleiter aufeinander gepresst werden. Metallene Bindedrähte sind bei ungepanzerten Mehrfachleitungen unzulässig. Für Führung der Leitung auf Rollen gilt die Vorschrift unter b).

e) Mehrfachleitungen dürfen nicht zur Aufhängung von Lampen usw. benutzt werden, soweit sie nicht eine besondere Tragschnur enthalten (vergl. § 21 d).

§ 30. Verlegung in Rohren.

a) Papierrohre ohne Metallüberzug dürfen nicht unter Putz verlegt werden.

b) Drahtverbindungen innerhalb der Rohre sind nicht statthaft.

c) Die lichte Weite der Rohre, die Zahl und der Radius der Krümmungen, sowie die Anzahl und Lage der Verbindungsdosen müssen so gewählt sein, dass man die Drähte leicht einziehen und entfernen kann.

d) Leitungen, welche Wechsel- oder Mehrphasenstrom führen, müssen, wenn sie in metallenen oder metallüberzogenen Rohren liegen, so zusammengelegt werden, dass die Summe der durch das Rohr gehenden Ströme null ist. Im übrigen ist es gestattet, drei Drähte bis zu 6 *qmm* Kupferquerschnitt in ein einziges Rohr zu verlegen (vergl. ausserdem § 26 h).

e) Rohre für mehr als einen Draht müssen mindestens 11 *mm* lichte Weite haben.

f) In Metallrohren, auch solchen mit Längsschlitz, ohne isolierende Auskleidung müssen die Drähte mindestens nach § 7 c) isoliert sein.

g) Die Rohre sind so herzurichten, dass die Isolierung der Leitungen durch vorstehende Teile und scharfe Kanten nicht verletzt werden kann.

h) Die Rohre sind so zu verlegen, dass sich an keiner Stelle Wasser ansammeln kann.

§ 31. Verlegung von Kabeln.

a) Bleikabel jeder Art dürfen nur mit Endverschlüssen, Muffen oder gleichwertigen Vorkehrungen, welche das Eindringen von Feuchtigkeit verhindern und gleichzeitig einen guten elektrischen Anschluss gestatten, verwendet werden.

b) Blanke und asphaltierte Bleikabel dürfen nur da verlegt werden, wo sie gegen die im normalen Betriebe zu erwartenden mechanischen Beschädigungen geschützt sind.

Bei blanken Bleikabeln ist ausserdem besondere Vorsicht gegen chemische Einflüsse geboten.

c) An den Befestigungsstellen ist darauf zu achten, dass der Bleimantel nicht eingedrückt oder verletzt wird; Rohrhaken sind daher nur bei armierten Kabeln und Panzerleitungen als Befestigungsmittel zulässig.

Anbringung von Sicherungen, Schaltern und anderen Apparaten.

§ 32. Anbringung der Sicherungen.

a) Die neutralen oder Nullleitungen bei Mehrleiter- oder Mehrphasensystemen, sowie alle betriebsmässig geerdeten und als solche gekennzeichneten Leitungen dürfen keine Sicherungen enthalten; dagegen sind alle übrigen Leitungen, welche von der Schalttafel nach den Verbrauchsstellen führen, durch Abschmelzsicherungen oder andere selbsttätige Stromunterbrecher zu schützen.

b) Mit einziger Ausnahme der Fälle e) und f) sind Sicherungen an Stellen anzubringen, wo sich der Querschnitt der Leitungen in der Richtung nach der Verbrauchsstelle hin vermindert.

Ausserdem sind lösbare Kontakte am festen Teil allpolig zu sichern.

c) Bei Verjüngungsstellen und Abzweigungen kann das Anschlussleitungsstück von der Hauptleitung zur Sicherung, wenn seine einfache Länge nicht mehr als 1 *m* beträgt, von geringerem Querschnitt sein als die Hauptleitung; es ist aber in diesem Falle von entzündlichen Gegenständen feuersicher zu trennen und darf nicht aus Mehrfachleitungen hergestellt sein. Beträgt die einfache Länge mehr als 1 *m*, so muss das Anschlussleitungsstück bis zur Sicherung den gleichen Querschnitt haben, wie die unmittelbar vorangehende Hauptleitung.

d) Die Stärke der zu verwendenden Sicherung ist der Betriebsstromstärke der zu schützenden Leitung anzupassen.

e) Mehrere Verteilungsleitungen können eine gemeinsame Sicherung von höchstens 6 Ampère Normalstromstärke erhalten. Querschnittsverminderungen oder Abzweigungen jenseits dieser Sicherung brauchen in diesem Falle nicht weiter gesichert zu werden. Bei grösseren Beleuchtungskörpern können ausnahmsweise gemeinsame Sicherungen für höchstens die doppelte Stromstärke zugelassen werden, wenn die Spannung nicht mehr als 130 Volt beträgt.

f) Bei Querschnittsverkleinerungen sind in den Fällen, wo die vorhergehende Sicherung den schwächeren Querschnitt schützt, weitere Sicherungen nicht mehr erforderlich.

g) Die Sicherungen sind möglichst zu zentralisieren und in handlicher Höhe anzubringen.

h) Wegen Abzweigung biegsamer Leiter zum Anschluss beweglicher Lampen, Motoren und Apparate siehe § 26c) und oben Absatz b).

§ 33. Anbringung von Ausschaltern.

a) Nullleiter und betriebsmässig geerdete Leitungen dürfen ausserhalb elektrischer Betriebsräume entweder gar nicht oder nur zwangläufig zusammen mit den zugehörigen Aussenleitern ausschaltbar sein.

b) Alle Ausschalter mit Ausnahme derjenigen in einzelnen Glühlampenstromkreisen müssen, wenn sie geöffnet werden, ihren Stromkreis spannungslos machen.

§ 34. Anbringung von Apparaten, insbesondere auch Widerständen und fest montierten Heizapparaten.

a) Die stromführenden Teile aller in eine Leitung eingeschalteten Apparate müssen bei Verwendung ausserhalb elektrischer Betriebsräume derart geschützt sein, dass sie sowohl der Berührung durch Unbefugte entzogen als auch von brennbaren Gegenständen feuersicher getrennt sind.

b) Bei Einführung von Leitungen muss der für die Leitung vorgeschriebene Abstand von der Wand gewahrt werden.

c) Widerstände sind auf feuersicherem, gut isolierendem Material zu montieren und mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Material zu umkleiden. Sie dürfen nnr auf feuersicherer Unterlage und zwar freistehend, oder an feuersicheren Wänden angebracht werden.

d) Fest montierte Heizapparate und solche Widerstände, bei denen eine Erwärmung auf mehr als Handwärme eintreten kann, sind derart anzuordnen, dass eine Berührung zwischen den wärmeentwickelnden Teilen und entzündlichen Materialien sowie eine feuergefährliche Erwärmung derartiger Materialien nicht stattfinden kann.

§ 35. Anbringung von Beleuchtungskörpern.

a) An und in Beleuchtungskörpern darf nur Draht verwendet werden, der mindestens den Normalien des Verbandes entspricht.

b) Wird die Leitung an der Aussenseite des Beleuchtungskörpers geführt, so muss sie so befestigt sein, dass sie sich nicht verschieben kann.

c) Beleuchtungskörper müssen so angebracht werden, dass die Zuführungsdrähte nicht durch Drehen des Körpers verletzt werden können.

4b. Die Behandlung verschiedenartiger Räume.

§ 36. Elektrische Betriebsräume.

a) In elektrischen Betriebsräumen sind Leitungen jeder Art, auch blanke Leitungen zulässig, letztere besonders in Form von Kupferschienen oder massivem Kupferdraht mit Anstrich, welcher die Polarität oder Phase kenntlich macht.

b) Sicherungen, Ausschalter und sonstige Apparate dürfen auch ohne Schutzkasten verwendet werden, doch ist in allen Fällen dafür Sorge zu tragen, dass durch etwaige beim Betrieb auftretende Feuererscheinungen weder Menschen noch brennbare Stoffe gefährdet werden.

c) Leitungen bedürfen keiner Verkleidung.

d) Aus- und Umschalter brauchen nicht Momentschalter zu sein.

§ 37. Akkumulatorenräume.

a) In Akkumulatorenräumen ist für Lüftung zu sorgen.

b) Die einzelnen Zellen sind gegen das Gestell und letzteres ist gegen Erde durch Glas, Porzellan oder ähnliche nicht hygroskopische Unterlagen zu isolieren. Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um beim Auslaufen von Säure eine Gefährdung des Gebäudes zu vermeiden.

c) Zur Beleuchtung von Akkumulatorenräumen darf nur elektrisches Glühlicht verwendet werden.

d) Die Batterien müssen derart angeordnet werden, dass bei der Bedienung eine zufällige gleichzeitige Berührung von Punkten, zwischen denen eine Spannung von mehr als 250 Volt herrscht, nicht erfolgen kann.

§ 38. Trockene Räume ohne leicht entzündlichen Inhalt.

a) In trockenen Räumen sind alle Arten von Leitungen zulässig, wobei sämtliche Vorschriften der §§ 25 bis 35 zu beachten sind.

In bewohnten Räumen darf jedoch mit Ausnahme von betriebsmässig geerdeten Leitern kein blanker Draht benutzt werden.

b) Für Drähte ist in Anlagen von mehr als 250 Volt Gebrauchsspannung nur Isolation nach § 7c) zulässig.

c) Gummiaderschnur darf sowohl fest verlegt, als auch zum Anschluss beweglicher Stromverbraucher verwendet werden. Bei fester Verlegung ist die Schnur im Handbereich und an gefährdeten Stellen nach § 26b) zu schützen.

d) Gummibandschnur darf nicht unter Putz und nicht für Spannungen von mehr als 125 Volt fest verlegt werden; als Anschlussleiter für bewegliche Stromverbraucher ist sie nicht zu verwenden.

e) Bei Schnüren jeder Art müssen die Anschluss- und Verbindungsstellen vom Zug entlastet und es müssen die einzelnen Drähte jedes Leiters, wenn sie nicht Kabelschuhe oder gleichwertige Verbindungsmittel erhalten, an den Enden miteinander verlötet sein. Verbindungen von solchen Schnüren unter sich oder zwischen Schnüren und anderen Leitungen dürfen nicht durch Verlötung, sondern müssen durch Verschraubung auf isolierender Unterlage hergestellt sein.

§ 39. Feuergefährliche Betriebsstätten.

a) Die Umgebung von Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, rotierenden Umformern, Widerständen usw. muss von entzündlichem Material frei gehalten werden können.

b) Bei Anordnung von Sicherungen, Schaltern und ähnlichen Apparaten, in denen betriebsmässig Stromunterbrechung stattfindet, ist besonders auf sichere Schutzhüllen aus isolierendem Material zu achten.

c) Bogenlampen mit offenem Lichtbogen müssen metallene Aschenteller haben, welche im Betrieb in ihrer Lage festgehalten sind.

d) Für festverlegte Leitungen sind nur Leitungen nach § 7 b) bis g), über 250 Volt Gebrauchsspannung nur solche nach § 7 c) und f), sowie Kabel zulässig. Die Drahtleitungen müssen in Rohren verlegt werden.

e) Für bewegliche Leitungen ist nur biegsame Mehrfachleitung nach § 8 b) und d) zulässig.

§ 40. Explosionsgefährliche Betriebsstätten und Lagerräume mit Ausnahme von Schlagwettergruben.

a) In solchen Räumen dürfen Dynamomaschinen, Elektromotoren, Transformatoren, Umformer und Widerstände nur in besonderen luft- und staubdichten Schutzkästen aufgestellt werden.

b) Ausschalter und Sicherungen dürfen in denselben nicht angebracht werden.

c) Blanke Leitungen und Mehrfachleitungen sind unzulässig.

d) Drahtleitungen müssen Isolierung nach § 7 c) haben und in Rohre eingeschlossen sein.

e) Es sind nur Glühlampen zulässig, welche im luftleeren Raume brennen. Dieselben müssen mit dicht schliessenden Überglocken, welche auch die Fassung dicht einschliessen, verwendet werden.

§ 41. Feuchte Räume mit Ausnahme von Bergwerken.

a) Die nach feuchten Räumen führenden Leitungen müssen abschaltbar sein.

b) Blanke Leitungen müssen in einem Abstand von mindestens 10 *cm* voneinander und 10 *cm* von der Wand auf Porzellanglocken oder auf gleichwertigen Isolatoren verlegt werden. Sie sollen mit einem in der Feuchtigkeit haftenden und haltbaren Anstrich versehen sein.

c) Isolierte Drahtleitungen müssen eine Isolierung nach § 7 c) haben.

d) Bei beweglichen Lampen muss die Doppelleitung durch eine starke schmiegsame Umhüllung gegen Beschädigung geschützt sein.

e) Apparate sind nach Möglichkeit nicht in feuchten Räumen unterzubringen; lässt sich dies nicht vermeiden, so sind dieselben gleichwertig wie die Leitungen zu isolieren.

f) Bei offen verlegten Leitungen für Gebrauchsspannungen über 250 Volt ist der Schutz gegen Berührung besonders zu beachten.

§ 42. Räume mit ätzenden Dünsten.

In Räumen, in welchen ätzende Dünste auftreten, sollen ausser Kabeln nur blanke Leitungen verwendet werden, die durch einen geeigneten Überzug (Verkleidung oder Anstrich z. B. mit Porzellan-Emaillelack) gegen chemische Beschädigung geschützt sind. Auch die Kabel sind je nach der Art der Dünste gegen chemische Angriffe zu schützen.

§ 43. Durchtränkte Räume.

Diejenigen Teile von industriellen und gewerblichen Betrieben, in denen erfahrungsgemäss durch ungewöhnlich starke oder gutleitende Feuchtigkeit die dauernde Erhaltung normaler Isolation erschwert und der Widerstand des Körpers der darin beschäftigten Personen gegen Erde erheblich vermindert wird, werden abgekürzt als durchtränkte Räume bezeichnet.

a) Für durchtränkte Räume gelten die Vorschriften des § 41 und ausserdem die folgenden Zusatzbestimmungen.

b) An geeigneten Stellen sind Tafeln anzubringen, welche in deutlich erkennbarer Schrift vor der Berührung der elektrischen Leitungen warnen.

c) Lampen, die ohne besondere Hülfsmittel zugänglich sind, müssen isolierende und feuchtigkeitsbeständige Armaturen haben. Hahnfassungen sind verboten.

d) Bogenlampen müssen während des Betriebes unzugänglich sein und dürfen während der Bedienung nicht unter Spannung stehen.

§ 44. Schaufenster, Warenhäuser und ähnliche Räume, in welchen leicht entzündliche Stoffe aufgestapelt sind.

a) Für Beleuchtungen, welche ihren Standort nicht wechseln, müssen die Leitungen, soweit sie mit den leicht entzündlichen Stoffen in Berührung kommen können, bis in die Lampenträger bezw. Anschlussdosen vollständig durch Rohre geschützt sein.

b) Beleuchtungskörper, welche ihren Standort wechseln, sind entweder

1. mit metallumhüllter Mehrfachleitung oder
2. mittels besonders geschützter Mehrfachleitung ohne Metallmantel abzuzweigen.

Im Falle 1 ist das eine Ende der Metallumhüllung mit dem Metallmantel der Fassung leitend zu verbinden, das andere Ende ist mittels Hülfskontaktes an eine geerdete Hülfsleitung anzuschliessen. Dieser Kontakt muss so beschaffen sein, dass er beim Einschalten früher als die Stromkontakte geschlossen wird. Die drei Kontakte müssen gegeneinander unverwechselbar sein.

Die metallenen Gebäudeteile und Lampenträger des betreffenden Raumes sind mit der Hülfsleitung ebenfalls leitend zu verbinden. Der Querschnitt der Hülfsleitung muss mindestens gleich dem der betreffenden Abzweigleitung sein. Die Hülfsleitung darf keine Sicherung enthalten und muss geerdet sein.

In Anlagen mit einem geerdeten Leiter gilt die Verbindung mit diesem als Erde.

Im Falle 2 sind nur Leitungen mit einer Isolierung mindestens nach § 8 b) dieser Vorschriften zulässig. Diese müssen ferner zum Schutz gegen mechanische Beschädigung mit einem Überzug aus widerstandsfähigem Material (z. B. Segeltuch, Leder, Hanfschnurumklöppelung) versehen sein.

c) Sämtliche Schalter, Anschlussdosen und Sicherungen müssen an solchen Plätzen fest montiert sein, an welchen sie vor der Berührung mit leicht entzündlichen Stoffen sicher geschützt sind und müssen mit widerstandsfähigen Schutzkasten umgeben sein.

d) Mit einer beweglichen Leitung darf nur je ein Beleuchtungskörper angeschlossen werden.

e) In Schaufenstern ist Bogenlichtbeleuchtung ohne besonderen Schutz nicht zulässig, es müssen vielmehr die Bogenlampen entweder ausserhalb der Schaufenster angebracht werden oder durch Glasplatten, Glaswände oder dergl. von den Auslagen derart getrennt sein, dass etwa herabfallende Kohlenteilchen die ausgestellten Gegenstände nicht erreichen können.

f) Die Aschenteller der Bogenlampen mit offenem Lichtbogen müssen aus Metall bestehen und im Betrieb in ihrer Lage festgehalten sein.

§ 45.

Theater.

Für Theaterinstallationen gelten die Vorschriften der Abteilung »I. Niederspannungsanlagen«, soweit diese nicht durch die nachfolgenden Sonderbestimmungen abgeändert werden.

I. Allgemeine Bestimmungen.

a) Die elektrischen Leitungsanlagen sind von der Hauptschalttafel ab in Gruppen zu unterteilen. Dreileiteranlagen sind, soweit tunlich, von den Hauptschalttafeln ab in Zweileiterzweige, bestehend aus Mittel- und Aussenleiter zu unterteilen.

b) In Räumen, die mehr als drei Lampen erhalten, sowie in sämtlichen Korridoren, Treppenhäusern und Ausgängen sind die Lampen an mindestens zwei getrennt gesicherte Zweigleitungen anzuschliessen. Die Schalter und Sicherungen sind möglichst zu zentralisieren und dürfen dem Publikum nicht zugänglich sein.

c) Falls eine elektrische Notbeleuchtung eingerichtet wird, müssen deren Lampen an eine oder mehrere räumlich und elektrisch von der Hauptanlage unabhängige Stromquellen angeschlossen werden.

II. Bestimmungen für das Bühnenhaus.

Für die Installationen des Bühnenhauses (Bühne, Untermaschinerien, Arbeitsgallerien und Schnürboden, Garderoben und sonstige Bühnennebenräume) gelten ausser den vorerwähnten allgemeinen noch die folgenden Zusatzbestimmungen:

a) Schalttafeln und Bühnenregulatoren sind derart anzuordnen, dass eine unbeabsichtigte Berührung durch Unbefugte ausgeschlossen ist.

b) Bei Zuleitungen zu Beleuchtungskörpern mit Farbenwechseln genügt für die Bemessung der gemeinschaftlichen Rückleitung der $1^1/_2$ fache Querschnitt einer Leitung für eine Farbe.

c) Ungeerdete blanke Leitungen sind (abgesehen von m 4) nicht zulässig. Flugdrähte und dergl. dürfen zur Stromführung nicht benutzt werden.

d) Fest verlegte Draht- und Schnurleitungen sind nur zulässig, wenn sie in Metallrohren oder Isolierrohren mit Metallüberzug verlegt werden.

e) Mehrfachleitungen zum Anschluss beweglicher Bühnenbeleuchtungskörper müssen aus Gummiaderlitzen bestehen und durch eine starke schmiegsame nicht metallische Umhüllung gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein.

Die Befestigung der biegsamen Leitungen an ihren Kontaktstücken ist derart auszuführen, dass auch bei roher Behandlung an der Anschlussstelle ein Bruch nicht zu befürchten ist.

Die Anschlussstücke sind mit der Schutzumhüllung so zu verbinden, dass die Kupferseelen an der Anschlussstelle von Zug entlastet sind. Steckkontakte müssen innerhalb widerstandsfähiger, nicht stromführender Hüllen liegen und so angeordnet sein, dass zufällige Berührung der stromführenden Teile verhindert wird.

f) Mit einer beweglichen Leitung darf nur je ein Beleuchtungskörper angeschlossen werden.

g) Für vorübergehend gebrauchte Scenerieinstallationen kann von der Erfüllung der allgemeinen Vorschriften für die Verlegung von Leitungen ausnahmsweise abgesehen werden, wenn Gummiaderdraht verwendet wird, die Verlegungsart jegliche Verletzung der Isolierung ausschliesst und diese Installation während des Gebrauches unter besonderer Aufsicht steht. In diesem Falle sind Drahtschellen für Einzelleitungen zulässig und Durchführungstüllen entbehrlich.

h) Die stromführenden Teile sämtlicher Apparate im Bühnenraum (Bühne, Untermaschinerien, Arbeitsgallerien und Schnürboden) brauchen nur gegen zufällige Berührung geschützt zu sein. Blanke Stromführungs-Kontaktplatten sind zulässig, müssen aber, solange sie unter Spannung stehen, bewacht und nach Gebrauch sofort ausgeschaltet werden.

i) Die Sicherungen der Anschlussleitungen für Bühnenbeleuchtungkörper (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Versatz und Effektbeleuchtung) sind im fest verlegten Teil der Leitung anzubringen; in diesem Falle genügt für jeden Körper je eine Sicherung für alle Lampen einer Farbe. In den Beleuchtungskörpern selbst sind Sicherungen nicht zulässig.

k) Bei Regulierwiderständen, die an besonderen, nur dem Bedienungspersonal zugänglichen Stellen angebracht sind, ist eine Schutzhülle aus feuersicherem Material entbehrlich.

l) Sämtliche Glühlampen in Arbeitsräumen, Werkstätten, Garderoben, Treppen und Korridoren müssen mit Schutzkörben oder Schutzgläsern versehen sein, welche nicht an der Fassung, sondern an den Lampenträgern befestigt sind.

m) Die Bühnenbeleuchtungskörper und deren Anschlüsse (Oberlichter, Kulissen, Rampen, Effekt- und Versatzbeleuchtungen) müssen folgenden Bedingungen entsprechen:

1. Die Spannung zwischen irgend zwei Leitern eines Beleuchtungskörpers darf 250 Volt nicht übersteigen.
2. Holz ist weder als Isolier- noch als Konstruktionsmaterial zulässig.
3. Die Beleuchtungskörper sind mit einem Schutzgitter zu versehen.
4. Innerhalb der Beleuchtungskörper sind blanke Körper dann zulässig, wenn sie gegen zufällige Berührungen geschützt sind.
5. Die Oberlichter sind isoliert aufzuhängen.
6. Bühnenscheinwerfer und Projektionsapparate sind mit einer Vorrichtung zu versehen, welche das Herabfallen glühender Kohlenteilchen verhindert.

§ 46.

Bergwerke.

Für die unter Tage liegenden Teile elektrischer Bergwerksanlagen gelten die der verwendeten Spannung entsprechenden allgemeinen Vorschriften für elektrische Starkstromanlagen, sofern sie nicht durch die nachstehenden Bestimmungen abgeändert werden.

Allgemeines.

Für die Ausführung der Anlage ist zwischen schlagwetterfreien und Schlagwettergruben zu unterscheiden. Als Schlagwettergruben werden diejenigen Gruben angesehen, die von der zuständigen Bergbehörde als solche bezeichnet sind. Nicht durch Schlagwetter gefährdete Teile von Schlagwettergruben sind unter Vorbehalt der Genehmigung durch die Bergbehörde zu behandeln wie schlagwetterfreie Gruben.

Für schlagwetterfreie elektrische Betriebsräume[1]) finden nur die allgemeinen Vorschriften, nicht aber die folgenden besonderen Bestimmungen Anwendung.

Schlagwetterfreie Gruben.

Leitungen.

Schächte und einfallende Strecken von mehr als 45° Neigung.

a) Es sind nur armierte Kabel zulässig, bei denen die Armatur aus verzinkten Eisen- oder Stahldrähten besteht. Die Drahtarmatur muss genügende Zugfestigkeit haben, um beim Einhängen das Kabel in einer Fabrikationslänge frei tragen zu können.

Es sind auch Kabel ohne inneren Bleimantel zulässig, vorausgesetzt, dass die den Bleimantel vertretende Hülle diesem an Widerstandsfähigkeit mindestens gleich kommt.

Wenn die Tropfwasser oder die Grubenwetter die Umhüllung stark angreifende Bestandteile enthalten, so müssen die Kabel einen äusseren Bleimantel oder einen anderen geeigneten Schutz gegen die betreffenden chemischen Einflüsse erhalten.

Die Befestigung des Kabels erfolgt ausser in Bohrlöchern mittels breiter Schellen aus imprägniertem Holze in Abständen von nicht mehr als 6 *m*.

Auf die beim Abteufen und für provisorische Zwecke verwendeten Leitungen finden die obigen Bestimmungen keine Anwendung.

---

[1]) Als elektrische Betriebsräume gelten Räume, welche wesentlich zur Erzeugung, Umformung oder Verteilung elektrischer Ströme dienen und in der Regel nur instruiertem Personal zugänglich sind. (Vergl. § 3 e).

Horizontale und einfallende Strecken von weniger als 45° Neigung.

b) Blanke Leitungen. Es sind blanke Leitungen, soweit sie nicht betriebsmässig geerdet sind, nur als Fahrleitungen für elektrische Bahnen zulässig. Wird die Bahnstrecke auch von der Mannschaft befahren, so darf der Fahrdraht der zufälligen Berührung nicht zugänglich sein.

c) Isolierte Drahtleitungen. Isolierte Drahtleitungen dürfen nur verwendet werden bis zu Spannungen von 250 Volt gegen Erde und 500 Volt gegeneinander. Sie müssen eine Isolierung nach § 7 c) der Abteilung I Niederspannung haben. Bei Spannungen von mehr als 125 Volt gegen Erde muss der Abstand der Leitung von der Sohle mindestens 3 *m* betragen. Bei geringerer Spannung als 125 Volt gegen Erde ist Verlegung in geringerer Höhe zulässig, sofern die Leitung gegen Berührung ausreichend geschützt ist.

Die Leitungen müssen auf Isolierglocken oder gleichwertigen Isolatoren (Mantelrollen usw.) verlegt werden und bei Spannweiten

von mehr als 6 *m*	mindestens 20 *cm*		
» 4 bis 6 »	» 15 »		
» 2 » 4 »	» 10 »		
» höchstens 1 »	» 5 »		

voneinander und in allen Fällen mindestens 5 *cm* von der Seitenwand bezw. Firste entfernt sein.

Die Leitungen sind nach der Verlegung mit einem feuchtigkeitsbeständigen, die Isolierung konservierenden Anstrich zu versehen. Der Anstrich ist jährlich zu erneuern.

Ausser der vorstehend angegebenen offenen Verlegung ist bei Spannungen bis 250 Volt gegen Erde auch eine solche in nach Möglichkeit geerdeten Eisen- oder Stahlröhren zulässig, wobei die obigen Vorschriften über Abstand der Leitungen usw. nicht zu berücksichtigen sind. Die Stossstellen der Rohre sind elektrisch leitend anzuordnen oder elektrisch leitend zu überbrücken. In feuchten Räumen ist für entsprechend gute Abdichtung der Rohre Sorge zu tragen.

d) Kabel. Bei einer Spannung von 125 bis 500 Volt zwischen zwei Leitungen und geringerer Höhenlage der Leitung als 3 *m*, sowie bei höherer Spannung als 500 Volt und beliebiger Höhenlage sind armierte Kabel zu verwenden. Das Kabel muss entweder asphaltiertes Bleikabel sein oder es muss eine in Bezug auf chemische Einflüsse gleich widerstandsfähige Umhüllung haben. Bei Befestigung der Kabel ist darauf zu achten, dass das Kabel nicht beschädigt oder verdrückt wird. Soweit es sich um Befestigung an Seitenwänden oder Firsten handelt, dürfen die Abstände der Befestigungspunkte voneinander höchstens 3 *m* betragen. In Strecken, die unter einem starken Gebirgsdruck stehen, ist eine bewegliche Aufhängung der Kabel zulässig, die so beschaffen sein muss, dass dadurch Beschädigungen der Kabel nicht verursacht werden. Die Armatur der Kabel ist nach Möglichkeit zu erden.

Es ist unzulässig, stationäre Kabel ungeschützt direkt auf der Sohle zu verlegen.

e) Biegsame Leitungen.

Biegsame Leitungen zum Anschluss beweglicher Apparate dürfen nur bei Spannungen bis 500 Volt zwischen zwei Leitungen Verwendung finden und müssen den Forderungen des § 8 c) (gepanzerte Stromleitungen) der Abteilung I Niederspannung genügen, oder eine mindestens gleichwertige Umhüllung erhalten. Werden solche Leitungen auf Trommeln aufgewickelt, so ist der Durchmesser der Trommeln so gross zu wählen, dass die Umhüllung auch bei häufigem Auf- und Abwickeln nicht beschädigt wird.

Schalttafeln und Apparate.

f) Schalttafeln.

1. Die Schalttafeln einschliesslich des Gerüstes und der Umrahmung müssen aus feuersicherem, nicht hygroskopischem Material bestehen. Wenn Tropfwasser auftritt, müssen die Apparate in geeigneter Weise dagegen geschützt werden.

2. Für Schalttafeln bis zu einer Spannung von 500 Volt zwischen zwei Leitungen, wenn sie nicht in besonderen Betriebsräumen liegen, gelten die Vorschriften für höhere Spannungen bis 1000 Volt.

3. Die Abzweigungen von den Hauptkabeln haben möglichst an Verteilungstafeln zu erfolgen; jede Abzweigung ist in allen Polen zu sichern und abschaltbar zu machen.

Elektrische Maschinen und Zubehör.

g) Elektrische Maschinen.

1. Die Maschinen müssen eine gegen Feuchtigkeit besonders widerstandsfähige Isolation erhalten. (Nach längerem Stillstand mit Strom austrocknen.)

Wenn die Spannung eines Poles gegen Erde mehr als 250 Volt beträgt, so sind alle stromführenden Teile gegen Berührung zu schützen.

Maschinenräume sind möglichst trocken zu halten, insbesondere sind Pumpenkammern vom Sumpf möglichst abzuschliessen.

2. Wo Tropf- oder Spritzwasser auftreten, sind die Maschinen und Zubehör dagegen ausreichend zu schützen.

3. Haben die Maschinenkammern den Charakter von durchtränkten Räumen (§ 43 der Abteilung I Niederspannung), so sind dort die Maschinen mit einem isolierenden Bedienungsgang zu umgeben.

Beleuchtungsanlagen.

h) Glühlampen.

1. Glühlampen dürfen nur mit dicht schliessenden Überglocken, die auch die Fassung umschliessen, verwendet werden. Wo die Entfernung bis zur Sohle weniger als 2 *m* beträgt, müssen die Überglocken noch durch einen Schutzkorb aus Drahtgeflecht gegen mechanische Beschädigung geschützt sein.

2. Die Leitungseinführungen an den Beleuchtungskörpern sind so abzudichten, dass Feuchtigkeit ins Innere der Überglocken nicht eindringen kann.

3. Die Verwendung einer höheren Spannung gegen Erde als 250 Volt durch Hintereinanderschaltung von Glühlampen ist nur bei solchen Stromkreisen zulässig, welche ihren Lichtstrom von einer Bahnleitung entnehmen; dabei muss der Schutzkorb geerdet sein und die Lampen dürfen nicht unter Spannung ausgewechselt werden.

4. Schnurpendel sind unzulässig.

i) Bogenlampen.

Bogenlampen dürfen nicht an ihren Stromzuleitungen aufgehängt werden. Sie müssen während des Betriebes der zufälligen Berührung entzogen sein und dürfen während der Bedienung nicht unter Spannung stehen.

Schlagwettergruben.

Zu den für schlagwetterfreie Gruben vorstehend angegebenen Vorschriften treten für Schlagwettergruben nachfolgende Bestimmungen:

Leitungen.

k) Blanke Leitungen sind nur zulässig, wenn sie betriebsmässig geerdet sind und nicht zur Stromabnahme durch schleifende oder rollende Kontakte dienen.

l) Isolierte Drahtleitungen, wie in c) erwähnt, dürfen fest verlegt nur in Eisen- oder Stahlrohren Verwendung finden. (Vergl. e) Absatz 4.)

m) Kabel der in d) beschriebenen Art sind als festverlegte Leitungen in allen nicht unter k) und l) genannten Fällen zu verwenden; Verlegung nach d).

Schalttafeln und Apparate.

n) Die Verteilungstafeln sind nach Möglichkeit in den frischen Wetterstrom zu legen.

o) Die Ausschalter, Umschalter und Sicherungen sind luftdicht in kräftige Gehäuse einzukapseln.

Die Einkapselung der Sicherungen muss so erfolgen, dass durch das Abschmelzen einer Sicherung keine andere gefährdet und das Herausschlagen eines Flammenbogens mit Sicherheit verhindert wird.

p) Steckkontakte sind mit einer Verriegelung zu versehen, welche das Einstecken und das Herausziehen verhindert, solange die Kontaktstelle unter Strom steht.

Elektrische Maschinen und Zubehör.

q) Elektrische Maschinen müssen schlagwettersicher gebaut oder schlagwettersicher, z. B. im einziehenden Wetterstrom, aufgestellt sein.

Die Kontaktapparate von Anlassern sind wettersicher einzukapseln und zwar so, dass die eingeschlossene Luftmenge möglichst gering ist.

r) Es empfiehlt sich, Motoren und Zubehör möglichst nahe der Sohle aufzustellen.

Beleuchtungsanlagen.

s) Es sind nur Glühlampen zulässig, welche im luftleeren Raum brennen. Dieselben müssen, einerlei in welcher Höhe sie angebracht sind, ausser der Überglocke (h) noch einen Schutzkorb aus starkem Drahtgeflecht besitzen.

§ 47. Inkrafttreten dieser Vorschriften.

a) Diese Vorschriften gelten für Anlagen oder Erweiterungen, welche nach dem 1. Januar 1904 fertig gestellt werden. Sie haben keine rückwirkende Kraft.

b) Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, dieselben den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

Sicherheitsvorschriften

für den

Betrieb elektrischer Starkstromanlagen.

I. Allgemeine Betriebsvorschriften für Elektrizitätswerke und andere Stromerzeugungsanlagen.

§ 1. Vorschriften, Warnungstafeln und Pläne.

In jedem Betriebe sollen an einer geeigneten und jedem Arbeiter zugänglichen Stelle angebracht sein:

a) Die Vorschriften der zuständigen Berufsgenossenschaft einschliesslich der Vorschrift über die erste Hülfeleistung bei Unglücksfällen.

b) Warnungstafeln, welche auf die Gefahr der Berührung aufmerksam machen.

Diese Warnungstafeln müssen, wenn die Leitungen oder sonstige zugängliche Betriebsmittel Hochspannung führen, den roten Blitzpfeil tragen. Das kleinste zulässige Format für Warnungstafeln beträgt 20×10 *cm*. Die Warnungstafeln sind ausserdem noch an besonders gefährlichen Stellen anzubringen.

Es sollen ferner in jedem Betriebe für jeden Angestellten leicht erreichbar untergebracht sein:

a) das Schaltungsschema der Anlage,

b) die in Frage kommenden Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V.,

c) diese Betriebsvorschriften.

Die Betriebsleitung hat darauf zu achten, dass Änderungen in der Anlage im Schaltungsschema fortlaufend nachgetragen werden.

§ 2. Personal.

a) Jeder im Betriebe Beschäftigte hat von den angeschlagenen, sowie den zur Einsichtnahme bereit liegenden Vorschriften Kenntnis zu nehmen und denselben in allen Punkten nachzukommen. Insbesondere sind die bereit gestellten Schutzmittel nach Vorschrift in Gebrauch zu nehmen.

b) Die Arbeiter müssen eng anschliessende Kleidung tragen.

c) Jeder im Betriebe Beschäftigte hat von allen Vorkommnissen und Zuständen, welche nach seiner Meinung eine Gefahr für die Anlage oder für Personen im Gefolge haben können, seinem Vorgesetzten unverzüglich Anzeige zu machen.

§ 3. Betriebsmittel und Betriebsräume.

a) Betriebsräume müssen, so lange Personen sich darin aufhalten, hinreichend beleuchtet sein.

b) Alle Betriebsmittel sind mit den vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen zu versehen.

c) Die Bedienungsgänge sind stets frei zu halten.

d) Die Betriebsmittel und Schutzvorrichtungen, sowie alle Betriebsräume sind in gutem Zustande und rein zu erhalten. Unter Spannung befindliche Betriebsmittel dürfen nur unter Beachtung besonderer Verhaltungsvorschriften gereinigt werden. Vorschriften und Warnungstafeln sind stets in leserlichem Zustande zu erhalten.

e) Entzündliche Gegenstände dürfen nicht in gefährlicher Nähe elektrischer Maschinen, Apparate und Leitungen aufbewahrt werden. Putzwolle ist in besonderen Metallkästen unterzubringen.

f) Zum Löschen eines etwa entstehenden Brandes sind geeignete Löschmittel, wie z. B. trockener Sand, an passenden Stellen bereit zu halten. Das Anspritzen von unter Spannung stehenden Teilen ist zu unterlassen.

g) Maschinen, Apparate und Leitungen sind nach längerer Ausserbetriebsetzung, besonders, wenn dieselben in feuchten Räumen sich befinden, vor der Inbetriebnahme auf Isolation zu prüfen, und letztere ist erforderlichenfalls wieder herzustellen.

h) Arbeiten an Spannung führenden Teilen sind nur unter Beachtung der im nachfolgenden angegebenen, sowie etwaiger, vom Betriebsleiter erlassener Sicherheitsvorschriften statthaft. In explosionsgefährlichen oder durchtränkten Räumen dürfen Arbeiten an Spannung führenden Teilen unter keinen Umständen ausgeführt werden.

i) Der Austausch durchgebrannter Sicherungen hat mit Vorsicht zu erfolgen und darf nur durch instruiertes Personal vorgenommen werden.

§ 4. Revisionen.

a) Alle Betriebsmittel müssen in angemessenen Zwischenräumen revidiert werden, wobei den zum Schutze des Personals und des Publikums eingeführten Schutzvorrichtungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist. Dabei ist auch der Isolationszustand der Betriebsmittel und der Zustand der Erdungsleitungen zu kontrollieren.

b) Das Resultat der Revision ist in ein Buch einzutragen, welches nur diesem Zwecke dient; die erfolgte Beseitigung etwaiger Mängel ist darin ebenfalls zu vermerken.

II. Betriebsvorschriften für Freileitungen.

§ 5.

a) Der erforderliche Abstand zwischen Freileitungen und Bäumen oder Gebäudeteilen muss durch entsprechende Massnahmen aufrecht erhalten werden.

b) Leitungsanlagen sind jährlich mindestens einmal einer Revision zu unterwerfen. Dabei sind gefahrdrohende Mängel zu beseitigen.

c) Die an den Freileitungen angebrachten Schutznetze, Blitzableiter und Erdungsstellen sind in gutem Zustande zu erhalten.

III. Betriebsvorschriften für elektrische Installationen und Stromverbraucher, welche mit Niederspannung betätigt werden.

§ 6. Zustand der Anlagen.

Die elektrischen Anlagen sind den »Sicherheitsvorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen« des Verbandes Deutscher Elektrotechniker entsprechend in ordnungsmässigem Zustande zu erhalten. Insbesondere ist den folgenden Punkten Aufmerksamkeit zuzuwenden:

a) Der Zugang zu Maschinen und Apparaten, insbesondere Schalt- und Verteilungstafeln, muss stets frei gehalten werden.

b) Schutzkästen und Schutzhüllen jeder Art müssen in brauchbarem Zustande erhalten werden.

c) Warnungsschilder, Bedienungsvorschriften usw., soweit vorgeschrieben, sind in leserlichem Zustande zu erhalten.

§ 7. Revisionen.

a) Zur Kontrolle ihres ordnungsmässigen Zustandes sind alle Angaben zunächst vor Inbetriebsetzung und sodann in angemessenen Zwischenräumen zu revidieren, wobei den vorgeschriebenen Schutzvorrichtungen besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist. Hierbei ist auch der Isolationszustand der Anlagen zu kontrollieren. Erhebliche Erweiterungen sind wie Neuanlagen zu behandeln.

b) Werden bei der Revision Fehler entdeckt, so sind dieselben in angemessener Frist zu beseitigen.

c) Über jede Revision ist ein Protokoll aufzunehmen, in das die etwa vorgefundenen Fehler und die zu ihrer Beseitigung empfohlenen Massnahmen einzutragen sind.

d) Die Revisionen haben stattzufinden: In Warenhäusern, Theatern, sowie feuergefährlichen und durchtränkten Räumen, jährlich mindestens einmal; in gewöhnlichen Läden, Betriebsräumen und Bureaus alle drei Jahre einmal; in Wohnungen alle fünf Jahre einmal.

§ 8. Arbeiten im Betriebe.

a) Jede unnötige Berührung von ungeschützten stromführenden Leitungen, sowie Teilen von Maschinen, Apparaten und Lampen ist verboten.

b) Installationsarbeiten an unter Spannung stehenden Leitungen und Apparaten sind nach Möglichkeit zu vermeiden.

c) Betriebsarbeiten (Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten) dürfen nur durch instruiertes Personal ausgeführt werden, und zwar, wenn irgend angängig, nur im spannunglosen Zustand der Leitungen. Sämtliche Betriebsarbeiten dürfen nur bei ausreichender Beleuchtung vorgenommen werden.

d) In explosionsgefährlichen oder durchtränkten Räumen sind Arbeiten unter Spannung verboten.

e) Wenn Arbeiten unter Spannung vorgenommen werden müssen, so sind bei deren Ausführung die folgenden Bestimmungen zu beachten:

1. Nach Möglichkeit müssen an den betreffenden Apparaten, Schalttafeln usw. alle ungeschützten unter Spannung stehenden Teile so weit abgedeckt werden, dass die gleichzeitige Berührung verschiedener Polaritäten oder Phasen für den Arbeitenden ausgeschlossen ist.
2. Es dürfen nur Werkzeuge benutzt werden, deren Metallteile, sofern ihre Handhabung es zulässt, mit Isoliermaterial überzogen sind.
3. Der Arbeitende hat sich auf eine isolierende Unterlage zu stellen und dabei die Berührung unisoliert stehender Personen und leitender Gegenstände zu vermeiden.

IV. Betriebsvorschriften für Akkumulatorenanlagen.

§ 9.

a) Akkumulatorenräume müssen während der Ladung gut gelüftet werden. Offene Flammen und glühende Körper dürfen während der Überladung nur bei Reparaturen und dann nur bei Anwendung entsprechender Vorsichtsmassregeln in denselben geduldet werden.

b) Die Gebäudeteile und Betriebsmittel einschliesslich der Leitungen, sowie die isolierenden Bedienungsgänge sind vor schädlicher Einwirkung der Säure zu schützen und von Zeit zu Zeit auf gute Beschaffenheit zu untersuchen.

c) Verschüttete Säure ist tunlichst bald unschädlich zu machen.

d) Für die in Akkumulatorenanlagen beschäftigten Arbeiter sind erforderlichenfalls entsprechende Schutzmittel bereit zu halten.

e) Essen, Trinken und Rauchen in Akkumulatorenräumen ist verboten. Die Akkumulatorenwärter sind zur Reinlichkeit anzuhalten, und auf die Gefahren, welche Säure und Bleisalze mit sich bringen, aufmerksam zu machen. Für ausreichende Wascheinrichtungen und Waschmittel ist Sorge zu tragen.

V. Betriebsvorschriften für Hochspannungsanlagen.

§ 10.

Räume, in welchen Hochspannung führende Teile ungeschützt (d. h. zufälliger Berührung zugänglich) angebracht sind, sind durch Warnungstafeln zu kennzeichnen und verschlossen zu halten. Sie dürfen während des Betriebes zur Vornahme von Arbeiten nur von mindestens zwei Personen, die speziell dazu ermächtigt und eingehend instruiert sind, betreten werden. Eine Berührung Hochspannung führender Leitungen und Apparate ist wegen der damit verbundenen Lebensgefahr verboten.

§ 11.

Diejenigen Vorsichtsmassregeln, welche für Arbeiten unter Spannung gelten, sind zu beachten:

1. wenn die Erdung und Kurzschliessung an der Arbeitsstelle selbst nicht ausführbar ist (z. B. Demontage von Kabelmuffen),
2. wenn der mit der Ausführung Beauftragte nicht selbst in der Lage ist, sich davon zu überzeugen, dass die Abschaltung, Erdung und Kurzschliessung an geeigneter Stelle (wie Station, Schalthaus, Säule) vorgenommen ist,
3. wenn eine Unsicherheit darüber besteht, ob das Kabel, an welchem gearbeitet werden soll, mit dem abgeschalteten und kurzgeschlossenen wirklich identisch ist.

a) An elektrischen Maschinen, Apparaten und Teilen des Leitungsnetzes darf nur nach vorheriger Ausschaltung und einer unmittelbar an der Arbeitsstelle vorgenommenen Erdung und Kurzschliessung der zur Stromleitung dienenden Teile gearbeitet werden. Zur Erdung und Kurzschliessung[1]) dürfen Leitungen unter 10 *qmm* nicht verwendet werden.

b) Um behufs Ausführung der verlangten Arbeiten die erforderlichen Abschaltungen der entsprechenden Hochspannungskabel mit Sicherheit vornehmen zu können, ist in jeder Schalt- und Transformatorenstation ein schematischer Übersichtsplan niederzulegen, in welchem die vorzunehmenden Ausschaltungen, sowie, falls erforderlich, deren Reihenfolge bezeichnet sind.

c) Ist aus dringenden Betriebsrücksichten eine Abschaltung desjenigen Teiles der Anlage, an welchem selbst oder in dessen unmittelbarer Nähe gearbeitet werden soll, nicht möglich, so sind folgende Vorsichtsmassregeln zu erfüllen:

1. Diese Arbeiten dürfen nur in Gegenwart des Betriebsleiters oder eines von ihm besonders Beauftragten ausgeführt werden.
2. Die Arbeiter müssen gegen die Einwirkung der Hochspannung geschützt sein. Die gute Beschaffenheit der Schutzmittel ist vom Arbeiter vor jedesmaligem Gebrauch zu prüfen.
3. Es sind die erforderlichen Massnahmen zu treffen, um ein unabsichtliches, mit Gefahr verbundenes Berühren Hochspannung führender Metallteile zu verhindern.

d) Sicherungen und Unterbrechungsstücke, die nicht so konstruiert sind, dass man sie ohne weiteres gefahrlos handhaben kann, müssen mit isolierender Zange eingesetzt und herausgenommen werden.

e) Eine Unterbrechung des Stromkreises mittels Sicherung, Unterbrechungsstück oder Steckkontakt darf nur erfolgen, wenn schädliche Lichtbogenbildung dabei nicht auftreten kann.

---

[1]) Die Kurzschliessung und Erdung bezwecken, dem Personal ein Berühren der betreffenden Leiterteile ohne Gefährdung zu ermöglichen. Die Kurzschliessung soll dabei unter anderem bewirken, dass bei irrtümlicher Einschaltung derjenigen Leiterteile, an welchen gearbeitet wird, die zugehörigen Sicherungen abschmelzen und die Leitung dadurch stromlos wird. Da hierbei jedoch die Schmelzsicheruug einer Leitung (eines Poles) unversehrt bleiben, und letztere somit die Hochspannung gegen Erde behalten kann, so ist die betreffende Leitung ausserdem noch zu erden. Durch diese Erdverbindung kann unter Umständen ein derartig starker Strom fliessen, dass auch die letzte Sicherung der geerdeten Leitung funktioniert. Deshalb ist die Erdungsverbindung so herzustellen, dass sie genügende Leitungsfähigkeit besitzt.

f) Sind bei Betriebsstörungen oder zur Vornahme von Arbeiten Teile des Leitungsnetzes oder der sonstigen Betriebsmittel oder die ganze Zentrale ausgeschaltet worden, so darf die Wiedereinschaltung erst dann erfolgen, wenn der Betriebsleiter oder ein von ihm besonders Beauftragter sich davon überzeugt hat, dass das gesamte Personal von den Arbeitsstellen zurückgezogen bezw. jeder einzelnen in Betracht kommenden Person von der beabsichtigten Einschaltung rechtzeitig Kenntnis gegeben ist. Die Meldungen sind auch durch Telephon zulässig. Eine vorherige Vereinbarung der Wiederinbetriebsetzung auf einen bestimmten Zeitpunkt genügt allein nicht. Ausserdem hat sich der Betriebsleiter oder ein von ihm besonders Beauftragter zu überzeugen, dass alle Schaltungen und Verbindungen in richtiger Weise ordnungsmässig wiederhergestellt sind und keine Verbindungen bestehen, durch welche ein Übertritt der Hochspannung in ausser Betrieb bleibende Teile verursacht werden kann.

g) Das Gleiche gilt von neu in Betrieb zu setzenden Leitungen und Apparaten usw.; jedoch hat in diesem Falle der Betriebsleiter oder der von ihm Beauftragte ausserdem die Pflicht, sich durch Inaugenscheinnahme aller zugänglichen Stellen, allenfalls auch durch Vornahme entsprechender Prüfungen, davon zu überzeugen, dass durch die Inbetriebsetzung eine Gefährdung von Menschenleben ausgeschlossen ist.

§ 12.

Jeder im Hochspannungsbetrieb Beschäftigte hat alle wahrgenommenen aussergewöhnlichen Vorkommnisse und Störungen sofort dem nächsten Vorgesetzten zu melden und ist verpflichtet, alle zu seinem Arbeitsbereich gehörigen Massnahmen zu treffen, welche nach der erhaltenen Instruktion geeignet erscheinen, Gefahren für Personen und für den Betrieb zu verhindern oder zu beseitigen.

VI. Zustand der Anlagen und Revisionen.

§ 13.

Die Vorschriften der §§ 6 und 7 finden auch für Hochspannungsanlagen sinngemässe Anwendung.

VII. Inkrafttreten dieser Vorschriften.

§ 14.

a) Diese Vorschriften treten mit dem 1. März 1903 in Kraft.

b) Der Verband Deutscher Elektrotechniker behält sich vor, sie den Fortschritten und Bedürfnissen der Technik entsprechend abzuändern.

Ausser den vorstehenden Vorschriften für die Errichtung von Starkstrom-Anlagen mit einer Betriebsspannung von nicht über 250 Volt zwischen einer Leitung und Erde, resp. von nicht über 500 Volt zwischen zwei isolierten Leitungen, hat der »Verband Deutscher Elektrotechniker« noch Sicherheitsvorschriften für »Hochspannungs-Anlagen« aufgestellt, d. h. für solche Anlagen, in welchen die Spannung zwischen irgend einer Leitung und Erde 250 Volt überschreitet.



Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 36241

OCT 21 1916

Elektrotechnischer Verlag von Oskar Leiner in Leipzig, Königsstr. 26 B.

Averdieck, Ing. **W. Die Installation unter Berücksichtigung des** »System Bergmann«. Ein Leitfaden für Monteure und alle diejenigen, welche die Herstellung von Lichtanlagen zu veranlassen haben. gr. 8°. 54 Seiten. Mit 88 Abbildungen und 1 Tafel. Brosch. ℳ 2.—.

Biscan, Prof. **Wilh. Die Bogenlampe. Physikalische Gesetze.** Funktion, Bau und Konstruktion derselben für Mechaniker. Installateure, Maschinenschlosser, Monteure etc., sowie als Anleitung zur Anfertigung von Bogenlampen. gr. 8°. 86 Seiten. Mit 74 Abbildungen. Brosch. ℳ 2.—, geb. ℳ 2.50.

Biscan, Prof. **Wilh. Die Dynamomaschine. Zum Selbststudium** für Mechaniker, Installateure, Maschinenschlosser, Monteure u. s. w., sowie als Anleitung zur Selbstanfertigung von Dynamomaschinen leicht fasslich dargestellt. Neunte, vermehrte Aufl. gr. 8°. 126 S. Mit 110 Abb. Brosch. ℳ 2.—, geb. ℳ 2.75.

Biscan, Prof. **Wilh. Die elektrischen Messinstrumente. Die wissen**schaftlichen Messinstrumente und Messbehelfe. gr. 8°. 102 Seiten. Mit 98 Abbildungen. Brosch. ℳ 3.—, geb. ℳ 3.75.

Biscan, Prof. **Wilh. Der Wechselstrom und die Wechselstrom**maschinen. Zum Selbststudium für Mechaniker, Installateure, Maschinenschlosser, Monteure etc. leicht fasslich dargestellt. gr. 8°. 104 Seiten. Mit 90 Abbild. Brosch. ℳ 2.50, geb. ℳ 3.—.

Biscan, Prof. **Wilh. Formeln und Tabellen für den praktischen** Elektrotechniker. Ein Hilfs- und Notizbuch. Fünfte Auflage. kl. 8°. 176 Seiten. Mit Abbild. und 4 Tafeln. Geb. ℳ 2.—.

Bohnenstengel, C. Die Elektrizität auf Dampfschiffen. Ein Leitfaden für Ingenieure und Maschinisten. Zweite Auflage. gr. 8°. 76 Seiten. Mit 116 Abbildungen. Geb. ℳ 2.—.

Brauchbar, Dr. **Rud. Über Unfälle durch hochgespannte elektrische** Ströme und die erste Hilfeleistung bei denselben. 8°, 16 Seiten Mit 4 Abbild. Brosch. ℳ —.60.

Braun, Ober-Ing. **H. Gewichtstabellen über Flach-, Rund- und Profil-**Eisen für alle technischen Bureaux und Gewerbetreibende. gr. 8°. VI und 60 Seiten. Brosch. ℳ 2.—

Dürre, Prof. Dr. **Ernst Friedrich. Ziele und Grenzen der Elektro**metallurgie. Eine vergleichende Betrachtung der heutigen Hüttenprozesse und der bis jetzt geschehenen und überhaupt möglichen Anwendungen der Elektrizität bei der praktischen Metallgewinnung. Für praktische Hüttenleute und Elektrotechniker. 15 Bog. gr. Lex. 8. Mit 44 Textfig. und 21 farbigen Tafeln. Brosch. ℳ 20.—, geb. ℳ 22.—.

Elektrotechnikers litterarisches Auskunftsbuch. Die Litteratur der Elektrotechnik, Elektrizität, Elektrochemie, Elektrometallurgie, des Magnetismus, der Telegraphie. Telephonie, Blitzschutzvorrichtung, Röntgenstrahlen, sowie der Acetylen- und Carbidindustrie der Jahre 1884 bis 1902. Mit Schlagwortregister. Zusammengestellt von Fr. Schmidt-Hennigker. 7. ergänzte Auflage. 8°. 156 S. Brosch. ℳ 1.25.

Feldmann, Ingen. **Clarence P. Wirkungsweise, Prüfung und Be**rechnung der Wechselstrom-Transformatoren. Für die Praxis bearbeitet. gr. 8°. 514 Seiten. Mit 279 Abbildungen. Brosch. ℳ 12.—, geb. ℳ 13.—.

Haas, Prof. Dr. **Einführung in die Elektrizitätslehre. Zwölf ge**meinverständliche Vorträge. 8°. 101 Seiten. Mit 78 Abbildungen. Brosch. ℳ 1.50.

Heim, Prof. Dr. **Carl. Akkumulatoren für stationäre elektrische** Beleuchtungs-Anlagen. gr. 8°. Dritte verm. Aufl. 116 Seiten. Mit 77 Abbildungen. Brosch. ℳ 3.—. geb. ℳ 4.—

Heim, Prof. Dr. **Carl. Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungs-**Anlagen für Gleichstrombetrieb. Vierte umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8°. 672 Seiten. Mit 605 Abbildungen. Brosch. ℳ 11.50, geb. ℳ 12.50.

Heinke, Prof. Dr. **C. Die Grundvorstellungen über Elektrizität** und deren technische Verwendung. In Form eines Gesprächs zwischen Laie und Fachmann. Zweite verm. Auflage. gr. 8°. 80 Seiten. Mit 24 Abbildungen. Brosch. ℳ 1.50.

Herzog, Ingen. **S. Schule des Elektromonteurs. Handbuch für** Elektromonteure und Maschinisten elektrischer Kraft- und Lichtanlagen. 8°. 141 Seiten. Mit 136 Abbild. Geb. ℳ 2.50.

Kapp, Ingen. **Gisbert. Elektrische Wechselströme. Autorisierte** deutsche Ausgabe von Hermann Kaufmann. Dritte Aufl. 8°. 92 Seiten. Mit zahlr. Figuren. Brosch. ℳ 2.—, geb. ℳ 2.75.

Keil, stud. arch. nav. **P. Elektrische Schiffahrt. Darstellung ihrer** Geschichte und Entwickelung nebst Anleitung zur Einrichtung elektrischer Boote. gr. 8°. 64 Seit. Mit 24 Abbild. Brosch. ℳ 1.80.

Krämer, Ober-Ingen. **Jos. Wirkungsgrade und Kosten elektrischer** und mechanischer Kraft-Transmissionen. Soll bei einer Fabrik-Neuanlage mechanische oder elektrische Transmission eingerichtet werden? Ist es empfehlenswert, bestehende Transmissionen durch elektrische zu ersetzen? Welches elektrische System soll angewendet werden? 2. umgearb. und verm. Auflage. gr. 8°. 126 Seiten. Mit 82 Abbild. Brosch. ℳ 4.50, geb. ℳ 5.50.

Krämer, Ober-Ingen. **Jos. Konstruktion und Berechnung für 20 verschiedene** Typen von Dynamo-Gleichstrom-Maschinen für Maschinen-Ingenieure und Elektrotechniker. 2. gänzlich neu bearbeitete Aufl. Mit 25 Tafeln, wovon 9 in Farbendruck, als Zeichenvorlagen bei Konstruktionsarbeiten, erläut. Text und 49 Fig. Lex. 8°. Brosch. ℳ 15.—, Kart. ℳ 15.50.

Krämer, Ober-Ingen. **Jos. Die mechanischen und elektrischen Konstruktionen** für elektrische Eisenbahnen. Hilfsbuch für Maschinen-, Elektro- und Eisenbahn-Ingenieure, Konstrukteure und Wagenbauer, zugleich ein Vorlagenwerk für Konstruktions-Bureaux. Bahnmotoren und Generatoren. 33 lithographische Tafeln, wovon 10 in Farbendruck und 9 Bogen Text mit 84 Figuren. Querquart. Geb. ℳ 20.—.

Krieg, Dr. **Martin. Taschenbuch der Elektrizität. Ein Nachschlagebuch** und Ratgeber für Techniker, Monteure, Industrielle u. technische Lehranstalten. Fünfte umgearbeitete Aufl. kl. 8°. 350 Seiten. Mit 295 Abbildungen. Geb. ℳ 4.—.

Krüger, E. A. Die Herstellung der elektrischen Glühlampe. Nach in den verschiedensten Glühlampen-Fabriken gesammelten praktischen Erfahrungen gemeinverständlich erörtert. gr. 8°. 103 Seit. Mit 72 Abbild. u. 5 Taf. Brosch. ℳ 3.—, geb. ℳ 3.50.

Le Blanc, Prof. Dr. **Max. Lehrbuch d. Elektrochemie. 3. verm. Aufl.** gr. 8°. 284 Seiten. Mit 31 Fig. Brosch. ℳ 6.50, geb. ℳ 7.50.

Liebetanz, Fr. Handbuch der Calciumcarbid- und Acetylentechnik. Nach den neuesten Fortschritten und Erfahrungen geschildert. Zweite verm. Aufl. gr. 8°. 423 Seiten. Mit 257 Abbild. und 7 Tafeln. Brosch. ℳ 12.—, geb. ℳ 13.—

Liebetanz, Fr. Gesetzliche Vorschriften über Herstellung und Benutzung von Acetylen nebst den Bestimmungen der Feuerversicherungs-Gesellschaften, Unfallverhütungs-Vorschriften und Transport-Bestimmungen für Calciumcarbid und Acetylen. Mit Anhang: Zolltarif für Calciumcarbid und Acetylenapparate. gr. 8°. 92 Seiten. Brosch. ℳ 2.—.

Liebetanz, Fr., Hilfsbuch für Installationen von Acetylen-Beleuchtungsanlagen. kl. 8°. 104 Seiten mit 85 Abbild. Geb. ℳ 3.75.

Lindner, Elektr. **Max, Der Blitzschutz.** Praktische Anleitung zur Projektierung, Herstellung u. Prüfung von Gebäude-Blitzableitern jeder Art auf Grund der neueren Anschauungen über das Wesen der Blitzentladungen. 8°. 176 Seiten mit 142 Abbildungen. ℳ 4.—; geb. ℳ 5.—.

Loose, Ingen. **Fritz,** und Ingen. **Max Schiemann, Taschenbuch** für Monteure elektrischer Strassenbahnen. Eine Anleitung zum Bau und zur Unterhaltung elektrischer Strassenbahnen mit Oberleitungs- und Akkumulatorenbetrieb. 2. Aufl. kl. 8°. 131 S. Mit 112 Abbildungen, Millimeterpapier. Geb. ℳ 1.50.

Lux, Ing. Dr. **H. Die wirtschaftliche Bedeutung der Gas- und** Elektrizitätswerke in Deutschland. Eine volkswirtschaftlich-technische Untersuchung. gr. 8°. 131 Seiten. Mit 9 Figuren. Brosch. ℳ 3.—, geb. ℳ 4.—.

Luxenberg, Dr. **M. Die Bogenlichtschaltungen und Bogenlicht-**Gattungen. Zweite vermehrte Aufl. gr. 8°. 51 Seiten mit 4 Figuren-Tafeln. Brosch. ℳ 2.50.

Maresch, Ingenieur **Cornel. Kraftmaschinen zum Betriebe dynamo-**elektrischer Stromerzeuger. Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Elektrotechniker, Elektromonteure, Industrielle u. s. w. gr. 8°. 236 Seit. Mit 261 Abbild. Brosch. ℳ 4.25, geb. ℳ 5.25.

Neureiter, Ingen. **Ferd. Die Verteilung der elektrischen Energie** in Beleuchtungsanlagen. 2. Aufl. gr. 8°. 276 Seiten. Mit 136 Figuren. Brosch. ℳ 9.—, geb. ℳ 10.—.

Pauls Tabellen der Elektrotechnik. Zum praktischen Gebrauch für Techniker, Werkmeister, Monteure, Werkstattarbeiter. Maschinisten. 2. Aufl., bearbeitet v. Ingenieur Gust. Wilh. Meyer. kl. Quer-Format. 73 Seiten. ℳ 1.40.

Peschel, Ing. **A. Hilfsbuch für die Montage elektrischer Leitungen** zu Beleuchtungszwecken. Für Elektrotechniker, Monteure und Installateure zur praktischen Anlage und Behandlung des Leitungsmaterials. 2. vermehrte Aufl. gr. 8°. VI und 344 Seiten. Mit 589 Abbild. Brosch. ℳ 6.—, geb. ℳ 7.50.

Praktische Anleitung zur Anlage von Blitzableitern. Mit 26 Abbildungen. Vierte Auflage. 8°. 44 Seiten. Brosch. ℳ —.60.

Prasch, Adolf, u. **Hugo Wietz. Die elektrotechnischen Maasse.** Lehrbuch zum Selbststudium. Dargestellt und durch zahlreiche Beispiele und 38 in den Text gedruckte Figuren erläutert. gr. 8°. 153 Seiten. Brosch. ℳ 3.—, geb. ℳ 3,50.

Riedel, Elektro-Ing. **K. Die Wechselstrom-Maschinen und die Dreh-**strom-Maschinen. Für Elektrotechniker, Monteure, Mechaniker, Schlosser etc. und zum Selbststudium in leicht verständlicher Darstellung. gr. 8°. 114 Seiten. Mit 120 Fig. und 12 Tafeln. Brosch. ℳ 3.50, geb. ℳ 4.50.

Rodet, Prof. **J. Berechnung der Leitungen für Mehrphasenströme.** Autorisierte deutsche Übersetzung von Ing. M. Lachmann. gr. 8°. 55 Seiten. Mit 22 Fig. Brosch. ℳ 2.75.

Rohrbeck, Ing. **E. Die Berechnung elektrischer Leitungen, ins-**besondere der Gleichstrom-Verteilungsnetze. 8°. 76 Seiten. Mit 24 Abbild. und 3 Tafeln in zwei Farben. Brosch. ℳ 2.50.

Rosemeyer, Elektrot. **Josef. Dauerbrand - Bogenlampen. Eine** leichtfassliche Betrachtung über Bogenlampen im allgemeinen und Dauerbrandlampen im besonderen, sowie deren Verhältnisse zueinander. 8° 78 Seiten mit 41 Abbildungen. ℳ 2.—.

Rosenberg, E., Obering. **Elektrische Starkstromtechnik. Eine** leichtfassliche Darstellung als Lehrbuch für Monteure, Techniker, Installateure, Schlosser und die Hilfsarbeiter in der Elektrotechnik, sowie für Laien. gr. 8°. 296 Seiten mit 284 Abbild. Brosch. ℳ 7.—, geb. ℳ 8.–

Rühlmann, Prof. Dr. **Richard. Grundzüge der Gleichstrom-**Technik. Eine gemeinfassliche Darstellung der Grundlagen der Starkstrom-Elektrotechnik des Gleichstromes für Ingenieure etc. 2. verm. Auflage. gr. 8°. 626 Seiten. Mit 400 Abbild. Brosch. ℳ 14.—, geb. ℳ 15.50.



Rühlmann, Prof. Dr. **Richard. Grundzüge der Wechselstrom-**Technik. Eine gemeinfassliche Darstellung der Grundlagen der Elektrotechnik der Wechsel- und Mehrphasenströme. Zugleich Ergänzungsband zu: Grundzüge der Gleichstromtechnik. gr. 8°. 359 Seiten. Mit 261 Abbildungen und 1 Tafel. Brosch. ℳ 11.50, geb. ℳ 13.—

Sack, J., Telegr.-Direktor. **Elektrotechnisches Wörterbuch. Eng**lisch-Deutsch; Französisch-Deutsch; Deutsch-Englisch-Französisch. Mit Zusätzen versehen von Ing. Arthur Wilke. gr. 8°. 123 Seiten. Brosch. ℳ 4.50, geb. ℳ 5.—.

Saur, K. Volt-Ampère-Watt-Pferdestärken. Dreizehn graphische Tafeln über die in der Praxis zumeist vorkommenden Werte und Wirkungsgrade. kl. Quer-Format. Mit 7 Bogen erläuterndem Text. geb. ℳ 2.75

Schiemann, Ingen. **Max. Bau und Betrieb elektrischer Bahnen.** Handbuch zu deren Projektierung, Bau und Betriebsführung. I. Bd.: **Strassenbahnen.** Dritte vermehrte Auflage. gr. 8°. 696 S. Mit 521 Abbildungen, 1 photolithographischen Tafel und 3 Tafeln Diagramme. Brosch. ℳ 12.50, geb. ℳ 14.— II. Bd.: **Haupt-, Neben-, Industrie-, Fernschnell- und gleislose Bahnen.** Zweite und dritte Auflage. gr. 8°. 462 S. Mit 243 Abbildungen u. 31 Tafeln. Brosch. ℳ 12.50, geb. ℳ 14.—.

Schiemann, Ingen. **Max. Die elektrischen Autbahnen. Gleislose** Motorbahnen mit elektrischer Stromzuführung. Ein neues Verkehrsmittel, ein neuer Industriezweig, eine neue Kapitalanlage. gr. 8°. 35 Seiten mit 25 Abbild. ℳ —.75

Schiemann, Ingen. **Max. Elektrische Fernschnellbahnen der Zu**kunft. Populäre volkswirtschaftliche Eisenbahnskizze. gr. 8°. 55 Seiten. Mit 6 Holzschn. u. 1 lithograph. Tafel. Brosch. ℳ 1.50.

Schmidt-Ulm, Ingen. **Georg. Die Wirkungsweise, Berechnung** und Konstruktion der Gleichstrom-Dynamomaschinen und Motoren. Praktisches Handbuch für Elektrotechniker, Konstrukteure und Studierende an technischen Mittel- und Hochschulen. 2. vermehrte Auflage. 17 Bog. 8°. Mit 204 Abbild., 41 Tafeln Konstruktionsskizzen und 1 Diagrammtafel. Brosch. ℳ 8.50, geb. ℳ 9.60.

Weil, Julius. Die Entstehung und Entwicklung unserer elektrischen Strassenbahnen. In gemeinfasslicher Darstellung. gr. 8°. 92 Seiten mit 67 Abbildungen. Brosch. ℳ 3.—.

Weil, Dr. **Th. Neuere Bogenlampen, deren Mechanismen und An**wendungsgebiete. Leitfaden durch das Gebiet der modernen Bogenlampentechnik in gemeinfasslicher Darstellung. gr. 8°. 91 Seiten. Mit 120 Abbild. Brosch. ℳ 3.50.

Wietz, Hugo. Die isolierten Leitungsdrähte und Kabel. Ihre Erzeugung, Verlegung und Unterhaltung. gr. 8°. 236 Seiten. Mit 159 Abbildungen. Brosch. ℳ 7.—, geb. ℳ 8.20.

Wilke, Ingen. **Arthur. Über die gegenseitigen Beeinflussungen der** Fernsprechleitungen nach Müller's Theorie. gr. 8°. 69 Seiten. Mit 39 Abbildungen. Brosch. ℳ 1.—.

Wilke, Ingen. **Arthur. Der elektrotechnische Beruf. Eine kurz**gefasste Darstellung des Bildungsganges und der Aussichten des Elektrotechnikers, des Elektrochemikers und der elektrotechnischen Gewerbetreibenden. Dritte vermehrte Auflage. gr. 8°. 127 Seiten. Brosch. ℳ 2.—; geb. ℳ 2.60.

Wilke, Ingen. **Arthur. Über die gegenseitigen Beeinflussungen der** Fernsprechleitungen nach Müller's Theorie. gr. 8°, III u. 69 S. m. 39 Abbildungen. ℳ 1.—.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 1702




UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06395 0441

A 518737


G.E.STECHERT
NEW YORK